G. SEPTEMBRE et A. LEPOIVRE

LES GAZOGÈNES POUR AUTOMOBILES

PRINCIPES

INSTALLATION

CONDUITE

ENTRETIEN

Etienne CHIRON, éditeur
40, Rue de Seine
PARIS - VIe
8, Rue Rameau
CLERMONT-FERRAND

G. SEPTEMBRE et A. LEPOIVRE

LES GAZOGÈNES POUR AUTOMOBILES

PRINCIPES

INSTALLATION

CONDUITE

ENTRETIEN

Etienne CHIRON, éditeur

40, Rue de Seine
PARIS - VI[e]

8, Rue Rameau
CLERMONT-FERRAND

— LES GAZOGÈNES POUR AUTOMOBILES —

LES GAZOGÈNES
POUR
AUTOMOBILES

EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE

OUVRAGES SUR L'ELECTRICITE DANS L'AUTOMOBILE

A. B. C. de l'Allumage Delco, par Touvy	10 »
A. B. C. de l'Allumage Electrique des Automobiles, par Apolit	10 »
Guide professionnel de l'Equipement Electrique, par Dunoyer	38 »
L'Allumage Delco, par Rosaldy et Touvy	8 »
La Magnéto, par Percheron	18 »
L'Equipement Electrique des Automobiles, par Rosaldy	18 »
L'Equipement Electrique expliqué, par Gory et Gielfrich	12 »
Comment soigner votre Accumulateur, par Gory et Gielfrich	12 »

AUTRES OUVRAGES SUR L'AUTOMOBILE

Nouveau Code de la Route	4 »
Le nouveau Code de la Route expliqué avec tableau en 5 couleurs de la signalisation routière	6 »
Guide du Candidat au Permis de conduire les automobiles, par Darman	5 »
Nouveau Manuel de l'Automobile, par Razaud	18 »
Les Pannes d'Automobile, par Razaud	18 »
A. B. C. de l'Automobile, par Razaud	10 »
Aide-mémoire pour la Recherche des Pannes, par Percheron	2 »
L'Automobile et son Moteur, par Grosselin	6 »
A. B. C. de la Motocyclette, par Roland Teyssier	10 »
Le moteur Dielsel expliqué par demandes et réponses, par R. Darman	18 »
Les Carburateurs modernes, par Apolit	30 »
A. B. C. du Carburateur, par Apolit	6 »
Comment installer la T. S. F. dans les Automobiles, par L. Chrétien	8 »
A. B. C. des Automobiles à gazogène	10 »
Le Croquis dans les Accidents d'Automobile et de la Circulation, par Darman	8 »

G. SEPTEMBRE et A. LEPOIVRE

LES GAZOGÈNES POUR AUTOMOBILES

PRINCIPES
INSTALLATION
CONDUITE
ENTRETIEN

Etienne CHIRON, éditeur
adresse de repli :
8, Rue Rameau, Clermont-Ferrand

AVANT-PROPOS

Quand Colbert fut chargé par Louis XIV de la réorganisation de notre marine, c'est à la forêt qu'il dut s'intéresser avant toute autre chose, afin d'assurer aux chantiers de constructions navales les bois qui leur étaient indispensables.

C'est un semblable souci de notre puissance maritime qui avait inspiré au roi Charles V une importante ordonnance, considérée, en fait, comme le premier code forestier français.

Par un destin singulier, c'est encore dans la forêt tutélaire que nous avons à rechercher, aujourd'hui, sous une forme nouvelle, un des éléments essentiels de notre sécurité et de notre indépendance.

Grâce au bois de feu et à son dérivé, le charbon de bois, nous sommes désormais en mesure de produire une importante fraction de la force motrice dont nous avons besoin.

Les appareils d'utilisation bénéficient d'une technique qui a dépassé la marche empirique et spontanée de l'esprit pour atteindre, par des méthodes claires et conscientes, un but déterminé.

Le temps est révolu de ces circuits de démonstration où les distances à parcourir ne dépassaient par 100 kilomètres par jour, ce qui laissait aux retardataires en difficulté la possibilité de rejoindre le lendemain matin, au départ de l'étape suivante, les camarades que les circonstances avaient plus heureusement favorisés.

Aujourd'hui, le gazogène a fait ses preuves; on ne saurait énumérer ici les diverses lignes de transport qui fonctionnent en régime permanent avec des véhicules alimentés au gaz des forêts à l'entière satisfaction du public et des services d'exploitation.

Pour n'en citer que quelques-unes des plus caractéristiques, il suffira de rappeler le remplacement des chemins de fer économiques de la Haute-Saône par des autobus à gazogène qui circulent régulièrement depuis plus de trois années.

Dans le Sud-Ouest, de nombreuses communications interurbaines sont assurées dans les mêmes conditions. Au Mans,

D'ailleurs, est-il besoin de tels pourcentages pour justifier la faveur d'un mécanisme auprès des usagers ?

N'oublions pas que si l'on se prive d'un procédé qui représente une économie d'utilisation de 20 0/0, *tout se passe comme si l'on acceptait d'être frappé d'une taxe de même importance.*

*
* *

Mais l'avenir du gazogène est conditionné par un abondant et facile ravitaillement en carburants forestiers susceptibles de répondre aux besoins des usagers.

On a disputé et l'on dispute encore des mérites respectifs du bois, du charbon de bois, des agglomérés, des mélanges de toutes sortes.

La première qualité à attendre d'un carburant, c'est d'être dès maintenant, *d'un approvisionnement facile et peu coûteux, c'est d'être d'une fabrication simple, c'est de délivrer le consommateur de la crainte du lendemain.*

Le bois et le charbon de bois répondent parfaitement à ces conditions et l'heure est trop incertaine pour qu'il soit permis d'attendre une éventuelle perfection avant d'utiliser les ressources qu'ils nous offrent.

On ne saurait prétendre, comme certains l'ont fait un peu légèrement, que la forêt française soit en mesure, à l'heure actuelle, de répondre à la totalité de nos besoins en carburant.

Il y a place en tout, pour chaque chose. Cependant l'équipement d'un contingent important de véhicules peut être envisagé à brève échéance et il est facile d'apprécier la répercussion heureuse qu'aura, sur notre ravitaillement et sur l'économie nationale en général, cet apport précieux dans le système de nos transports routiers.

*
* *

Enfin, il ne faut pas perdre de vue que le rendement d'un gazogène dépend, pour une large part, de la compétence et du goût de son conducteur.

Il faut absolument que celui-ci prenne conscience de l'importance du rôle qui lui est imparti. Il ne faut pas qu'il considère comme une tâche fastidieuse l'opération qui consiste à vider un cendrier, à nettoyer des épurateurs ou à allumer un foyer.

Il devra s'intéresser à un appareil dont les moindres défaillances lui deviendront sensibles, il développera ses qualités d'observation et saura bientôt se forger une mentalité

« gazogène », avec tout ce que ce mot peut évoquer de conscience professionnelle et d'esprit d'initiative.

N'oublions pas que derrière une simplicité apparente le problème de l'utilisation des carburants forestiers présentait des difficultés sérieuses qui n'ont été résolues que grâce à la confiance inébranlable en leur tâche, d'une phalange peu nombreuse d'habiles techniciens, voués parfois à l'indifférence ou à l'ironie et dénués, assez souvent, de ressources.

Ceux-là savent qu'il n'y a pas de routes royales en matière de gazogène, mais le souvenir des sentiers rocailleux donne plus de prix au chemin que l'on a parcouru.

Ce livre aura rempli son objet si, rendant témoignage de l'effort accompli et montrant les possibilités d'avenir, il réussit à associer à une cause attachante, des activités et des collaborations nouvelles.

LES GAZOGÈNES POUR AUTOMOBILES

CHAPITRE I

Introduction à l'étude des gazogènes et des moteurs au Gaz des Forêts

A. — Notions de Physique et de Chimie

1. L'AIR, L'OXYGÈNE, L'AZOTE. — Les anciens considéraient l'air comme un élément simple dénué de poids. Au XVII[e] siècle, Galilée démontra que l'air est pesant en constatant l'augmentation de poids d'un récipient dans lequel il refoulait de l'air.

Un litre d'air mesuré à 0° sous la pression atmosphérique normale (1) pèse 1 gr. 293.

L'air est un mélange de deux gaz : l'*oxygène* et l'*azote*, dont les propriétés sont bien différentes. On a reconnu que 100 litres d'air contenaient 21 litres d'oxygène et 79 litres d'azote, soit une proportion d'environ 1 litre d'oxygène pour 4 litres d'azote.

L'oxygène, gaz incolore, est un élément indispensable à la vie : un animal, une plante, placés sous une cloche de verre étanche, meurent quand la provision d'oxygène est épuisée; des inhalations d'oxygène sont utilisées pour ranimer des personnes qui ont subi un commencement d'asphyxie ou d'intoxication.

L'oxygène est un peu plus lourd que l'air : 1 litre de ce gaz pèse 1 gr. 429 à 0° sous la pression atmosphérique.

---

(1) La pression atmosphérique normale fait équilibre à une colonne de 760 millimètres de mercure (V. § 6).

L'azote est un gaz inerte : à l'inverse de l'oxygène, il n'entretient pas la vie ; 1 litre d'azote pèse 1 gr. 250 à 0° sous la pression atmosphérique.

Nous verrons que le gaz de gazogène contient une forte proportion d'azote dont la présence influe d'une manière gênante sur la puissance du moteur.

2. MÉLANGES ET COMBINAISONS. — Lorsque plusieurs corps sont *mélangés*, comme l'azote et l'oxygène de l'air, chacun d'eux conserve les propriétés qui lui sont propres. Dans un mélange, il est possible, suivant la nature des éléments, de reconnaître les constituants à l'aide du microscope, ou bien de les séparer par différence de densité, ou par des dissolvants appropriés ou encore par évaporation, distillation, en un mot par des procédés purement physiques.

Dans une *combinaison* de deux ou plusieurs corps, le produit obtenu a des propriétés tout à fait différentes des corps constituants : ainsi, un liquide peut résulter de la combinaison d'éléments gazeux (Voir § 9, p. 22).

3. OXYDATION. COMBUSTION. — Lorsque la combinaison résulte de l'action de l'oxygène sur un autre corps, elle est appelée parfois *oxydation;* par exemple, la rouille ou *oxyde de fer* résulte de l'action de l'oxygène de l'air sur le fer; ce nouveau corps, l'oxyde de fer, n'est pas gazeux et ne présente pas la résistance du fer : *l'oxyde de fer est une combinaison de fer et d'oxygène.*

Une oxydation se produit toujours avec un dégagement plus ou moins sensible de chaleur; lorsque la chaleur est produite rapidement et en grande quantité, l'oxydation est appelée *combustion*.

Un *combustible* est donc un corps qui, en se combinant à l'oxygène de l'air, dégage une quantité de chaleur importante, susceptible d'être utilisée pour divers usages : le charbon de terre, l'essence, le bois, le charbon de bois sont des combustibles.

4. CALORIE. — La valeur d'un combustible dépendant de la quantité de chaleur qu'il peut fournir, on a dû faire choix d'une unité de quantité de chaleur : la *calorie-kilogramme (en abrégé cal. kg.) ou quantité de chaleur qu'il faut fournir à* 1 *kilogramme d'eau, pour élever sa température de* 1 *degré, quand cette eau est à une température voisine de* 15 *degrés centigrades* (15° C.) (1).

(1) Inversement, pour abaisser de 1° la température de 1 kg. d'eau, il faut lui enlever 1 calorie : on dit que ce kg. d'eau fournit 1 *frigorie* au système refroidisseur.

5. TEMPÉRATURE ET QUANTITÉ DE CHALEUR. — Il importe ici de distinguer deux choses très différentes : la *température,* qui se mesure avec un thermomètre et s'exprime en degrés, et la *quantité de chaleur* qui se mesure avec un calorimètre et s'exprime en calories.

Ainsi, prenons dans un récipient 1 kg. d'eau à 15°; pour le chauffer à 20°, il faut lui communiquer 5 calories; dans un autre récipient, mettons encore 1 kg. d'eau à 15° et portons sa température à 30° en lui communiquant 15 calories. Mélangeons maintenant les 2 kg. d'eau : au bout de peu de temps, et en supposant qu'il n'y ait pas de perte de chaleur, la température se stabilisera à la température intermédiaire de 25°; on aurait pu obtenir le même résultat en chauffant 2 kg. d'eau de 15 à 25° (augmentation : 10°) et on aurait dû fournir :

$$2 \times 10 = 20 \text{ calories}$$

et précédemment on avait fourni aussi :

$$5 + 15 = 20 \text{ calories}$$

Nous conclurons : *les températures ne s'additionnent pas, les quantités de chaleur peuvent s'ajouter.*

Nos sens nous permettent de constater des écarts de température soit entre deux objets, soit entre un objet et notre corps, mais sans aucune précision. Les appréciations ainsi obtenues dépendent d'ailleurs de l'humidité de l'air, du vent, de la nature des corps touchés, de l'état de notre santé (fièvre, dépression).

■

La mesure courante des températures est basée sur la dilatation des corps par la chaleur; on utilise principalement l'alcool et le mercure et on rend la déformation plus apparente en la faisant s'effectuer dans un tube de très petit diamètre monté ou non sur une planchette.

Pour graduer un thermomètre, on plonge l'appareil d'abord dans de la glace fondante et on marque 0 degré sur la planchette ou sur le tube en face du niveau du liquide ; on plonge ensuite l'appareil dans de la vapeur d'eau bouillante à la pression atmosphérique et on marque 100 degrés en face du niveau du liquide. L'intervalle entre les deux repères est divisé en cent parties égales, la division est prolongée au-dessous de 0 et au-dessus de 100 : on obtient ainsi l'échelle centésimale, seule employée en France. Il existe cependant d'autres échelles utilisées à l'étranger.

Les indications données par les thermomètres à alcool s'échelonnent de — 120° à + 70°, celles des thermomètres à mercure vont de — 35° à + 500° (1).

Les températures des foyers de gazogènes étant considérablement plus élevées, sont mesurées avec des appareils appelés pyromètres, établis sur des principes très différents des précédents.

Les pyromètres *optiques* mettent à profit les phénomènes de rayonnement. Ils donnent une appréciation de la température au moyen de la comparaison photoélectrique de la lumière émise par une lampe étalon avec celle émise par le foyer à examiner.

Le principe des pyromètres *thermo-électriques* est fondé sur le phénomène suivant : lorsque deux baguettes de métaux différents (platine et platine iridié, ou platine et platine rhodié, ou nickel et chrome, ou fer et constantan, etc.) sont soudées l'une à l'autre en leurs extrémités, elles constituent un *couple* thermo-électrique; si l'une des soudures est chauffée, l'autre restant froide, le couple en effet est parcouru par un courant dont l'intensité varie avec l'écart de température des deux soudures. Indiquons qu'un couple platine-platine iridié permet de mesurer des températures voisines de 1.700°.

Pratiquement, les fils qui constituent le couple sont montés sur une canne avec poignée en bois et isolant en terre réfractaire.

La soudure chaude située à l'extrémité de la canne est directement introduite dans le four dont on veut mesurer la tem-

---

Voici quelques repères thermométriques (pour des produits purs pris sous une pression de 760 millimètres de mercure) :

Fusion de la glace	Zéro° C.
Ebullition de l'eau	100°
Fusion de l'étain	232°
— du plomb	327°
— du zinc	419° 4
— de l'aluminium	658°
— de l'argent	960° 9
— du cuivre	1.083°
— du nickel	1.452°
— du quartz	1.600°
— du platine	1.753°
Température du rouge sombre	520° à 600°
— — blanc	1.100° à 1.300°
— moyenne des flammes de gaz	1.600° à 1.800°
— de filaments de lampes électriques	2.400°

(1) Le zéro absolu, correspondant à — 273° C, semble être la température la plus basse qu'il soit possible d'atteindre. La température la plus basse atteinte effectivement à ce jour est — 272° C (fusion de l'hélium).

pérature, tandis que le reste du circuit, qui peut sans inconvénient être en cuivre, reste à la température ambiante. Un galvanomètre industriel, placé en ligne et convenablement étalonné donne, par lecture directe, la température centésimale du foyer dans lequel la soudure chaude est plongée.

■

Si nous approchons un corps chaud d'un corps froid, la chaleur passe du corps chaud vers le corps froid. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les corps froids n'émettent pas de rayonnement froid : si nous approchons la main d'un bloc de glace, c'est notre main qui rayonne ou cède de la chaleur et la sensation de froid que nous éprouvons n'a pas d'autre cause.

Pour élever la température d'un corps, il faut donc l'approcher d'une source de chaleur ayant une température plus élevée ou le mettre en contact avec elle. La quantité de chaleur à fournir par la source chaude pour atteindre une température déterminée est d'autant plus grande que la masse du corps à chauffer est plus importante. (Cette quantité de chaleur dépend d'ailleurs de la nature du corps à chauffer.)

Ainsi, pour faire bouillir (à 100°) 1 litre d'eau pris à 10° (écart 90°), il faut fournir 90 calories, tandis que pour porter de 10° à 50° (écart 40°) les 25 litres d'eau d'un radiateur, il faut fournir $25 \times 40 = 1.000$ calories.

Remarquons d'ailleurs, pour souligner encore une fois la différence entre les notions de température et de quantité de chaleur, qu'avec les 1.000 calories fournies aux 25 litres d'eau, on ne pourrait ni stériliser un appareil de chirurgie, ni faire cuire un œuf à la coque, ce qui serait par contre aisément obtenu avec un quart de litre d'eau à 10° auquel on fournirait $\frac{90}{4} = 22,5$ calories : c'est qu'en effet les microbes ne sont pas tués dans une eau à 50° et que l'albumine de l'œuf ne coagule pas à cette température.

■

La chaleur peut se transmettre de trois manières différentes : par *convection*, par *conduction* ou par *rayonnement* ; ces deux derniers modes sont seuls à considérer dans une installation de gazogènes.

La conduction s'opère soit dans les corps eux-mêmes, soit par contact de ceux-ci avec d'autres corps : l'extrémité d'un

ringard plongé dans un foyer s'échauffe au sein des charbons rouges et des gaz chauds, mais la chaleur se transmet dans toute la tige de métal par conduction et la poignée finit par être brûlante.

Le rayonnement consiste dans l'émission d'ondes comparables à celles qui émanent d'un corps lumineux : un foyer chauffe l'air d'une salle à la fois par convection et par rayonnement.

Tous les corps ne conduisent pas la chaleur : on appelle *calorifuges* les corps qui ne se laissent pas facilement traverser par elle : tels sont le bois, l'amiante, les textiles ; une capacité dans laquelle on a fait le vide constitue un excellent isolant.

On verra que, dans les gazogènes, il est bon de calorifuger certaines parties de l'installation, tandis que, au contraire, on doit intensifier les pertes de chaleur de certains foyers ou d'organes appelés refroidisseurs. On verra aussi l'importance de la conductibilité calorifique dans le comportement des tuyères.

6. PRESSION ATMOSPHÉRIQUE. VIDE OU DÉPRESSION. MESURE DE LA DÉPRESSION DANS UN GAZOGÈNE. — Le poids de l'air qui entoure le globe terrestre sur une épaisseur de quelques dizaines de kilomètres exerce une pression sur tous les corps baignant dans l'atmosphère.

Cette pression, que l'on nomme pression atmosphérique, varie avec l'altitude du corps sur lequel elle s'exerce : elle est moins grande au sommet d'une montagne qu'au niveau de la mer, qui est généralement pris pour niveau de référence. La pression atmosphérique dépend encore de l'humidité et de la température de l'air, des conditions météorologiques.

Les variations de la pression atmosphérique sont indiquées par le baromètre à mercure ou par le baromètre métallique.

Hauteur représentant la pression atmosphérique

FIG. 1.

Le baromètre à mercure est constitué, en principe, par un tube recourbé (fig. 1), fermé à un bout et ouvert à l'autre : il a été empli de mercure en quantité suffisante, avant d'être placé dans la position indiquée ; dans cette position le mercure descend dans la branche fermée, se stabilise à un certain

niveau au-dessus duquel se forme une chambre vide d'air, tandis que la pression atmosphérique s'exerce sur le mercure de la branche ouverte : la colonne de mercure comprise entre les deux niveaux équilibre donc la pression atmosphérique.

Dans un baromètre métallique (ou anéroïde), la pression atmosphérique déforme une boîte de métal dans laquelle on a fait le vide : les déformations de la boîte sont transmises à une aiguille mobile devant un cadran gradué.

On constate, dans le baromètre à mercure, que la hauteur de la colonne est toujours voisine de 760 millimètres : on a convenu que cette hauteur de 760 millimètres de mercure correspondait à la pression atmosphérique « *normale* ». Le volume occupé par un gaz variant avec la température et la pression, on a été conduit à préciser que les mesures à effectuer sur un gaz (densité, pouvoir calorifique, etc.), devaient être faites à 0° sous la pression atmosphérique normale de 760 millimètres de mercure.

Une colonne de mercure de 760 millimètres de hauteur et de un centimètre carré de section pèse 1 kilo 033 : c'est pourquoi on dit fréquemment, avec une précison suffisante, que la pression atmosphérique est de 1 kilo : cm2; si, au lieu de mercure, on employait de l'eau, la hauteur de la colonne serait de 10 m. 33.

On peut donc exprimer la pression d'un gaz de différentes façons :

a) En millimètres de mercure, principalement s'il s'agit de mesurer des pressions inférieures ou très peu supérieures à la pression atmosphérique ;

b) En kilogrammes par centimètre carré, quand les pressions sont assez élevées ;

c) En millimètres d'eau quand les pressions à mesurer sont faibles : une colonne d'eau de 10 m. 33 ou 10.330 millimètres correspond à 1,033 kg. : cm2; une colonne d'eau de 1 millimètre de hauteur équivaut donc à une pression de 0 gr. 1 par centimètre carré.

Les *manomètres*, dont le baromètre est une réalisation particulière, sont des appareils destinés à mesurer les pressions : ils pourraient être à colonne d'eau ou de mercure, mais ils seraient trop encombrants; ils sont constitués, en général, par un tube fermé enroulé en spirale, communiquant par l'extrémité ouverte avec le réservoir contenant le fluide sous pression; la pression provoque une déformation de la spirale qui est transmise à une aiguille mobile devant un cadran gradué.

Considérons un gaz enfermé dans un réservoir ne communiquant pas avec l'atmosphère ; un manomètre à mercure enfermé dans le réservoir donnerait la pression « absolue » du gaz, ou pression propre du gaz. Par exemple, au moment de l'explosion, dans un moteur, la pression absolue peut s'élever à 40 kilos : cm2 (et même plus). Mais cette pression n'est pas entièrement motrice car, sur l'autre face du piston, s'exerce la pression atmosphérique : on appelle pression effective la poussée réellement motrice, égale ici à 40—1 = 39 kilos : cm2.

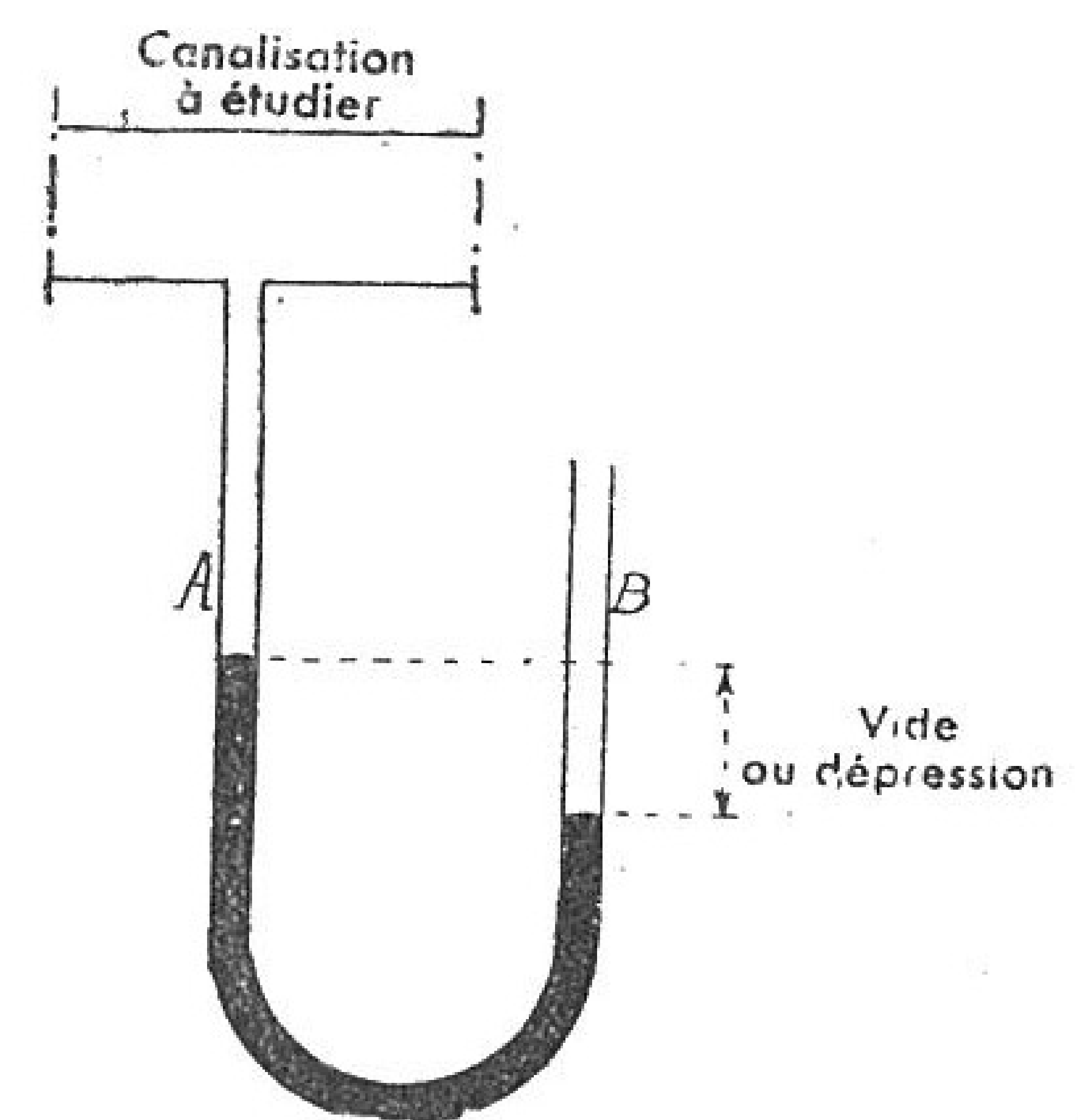


FIG. 2. — Schéma de manomètre à dépression.

Lorsque, dans le réservoir, la pression absolue est inférieure à la pression atmosphérique, on appelle *vide* ou *dépression* la différence entre la pression atmosphérique et la pression à l'intérieur du réservoir. Ainsi, pendant la course d'aspiration du moteur, le vide dans le cylindre, variable avec la vitesse de rotation, peut atteindre 600 millimètres d'eau (ou 60 gr. : cm2 ou 44 millimètres de mercure).

C'est cette dépression qui appelle au moteur, suivant le cas, un mélange d'air et d'essence ou d'air et de gaz; c'est elle aussi qui fait pénétrer dans un générateur de gaz l'air nécessaire à la combustion.

■

Dans une installation à gazogène, la dépression n'est pas la même partout. Pour la mesurer en un point déterminé, on peut réunir ce point avec l'extrémité A d'un tube en verre AB recourbé en forme de U (fig. 2) et rempli de mercure : lorsque le moteur est arrêté, le niveau est le même dans les deux branches; quand le moteur tourne, le niveau s'élève dans A et s'abaisse dans B : la différence de niveau donne la

dépression au point étudié. Si, par exemple, on note une dénivellation de 15 millimètres de mercure, la dépression est :

$$\frac{10.330 \times 15}{760} = 205$$ millimètres d'eau ou 20 gr. 5 par centimètre carré (puisque des colonnes de 760 millimètres de mercure ou de 10.330 millimètres d'eau équilibrent la pression atmosphérique).

La différence entre les dépressions en deux points s'appelle *perte de charge* entre ces points.

On peut citer, comme provoquant des pertes de charge, les coudes, les changements de section et surtout les filtres.

La couche de combustible, la grille provoquent également une perte de charge.

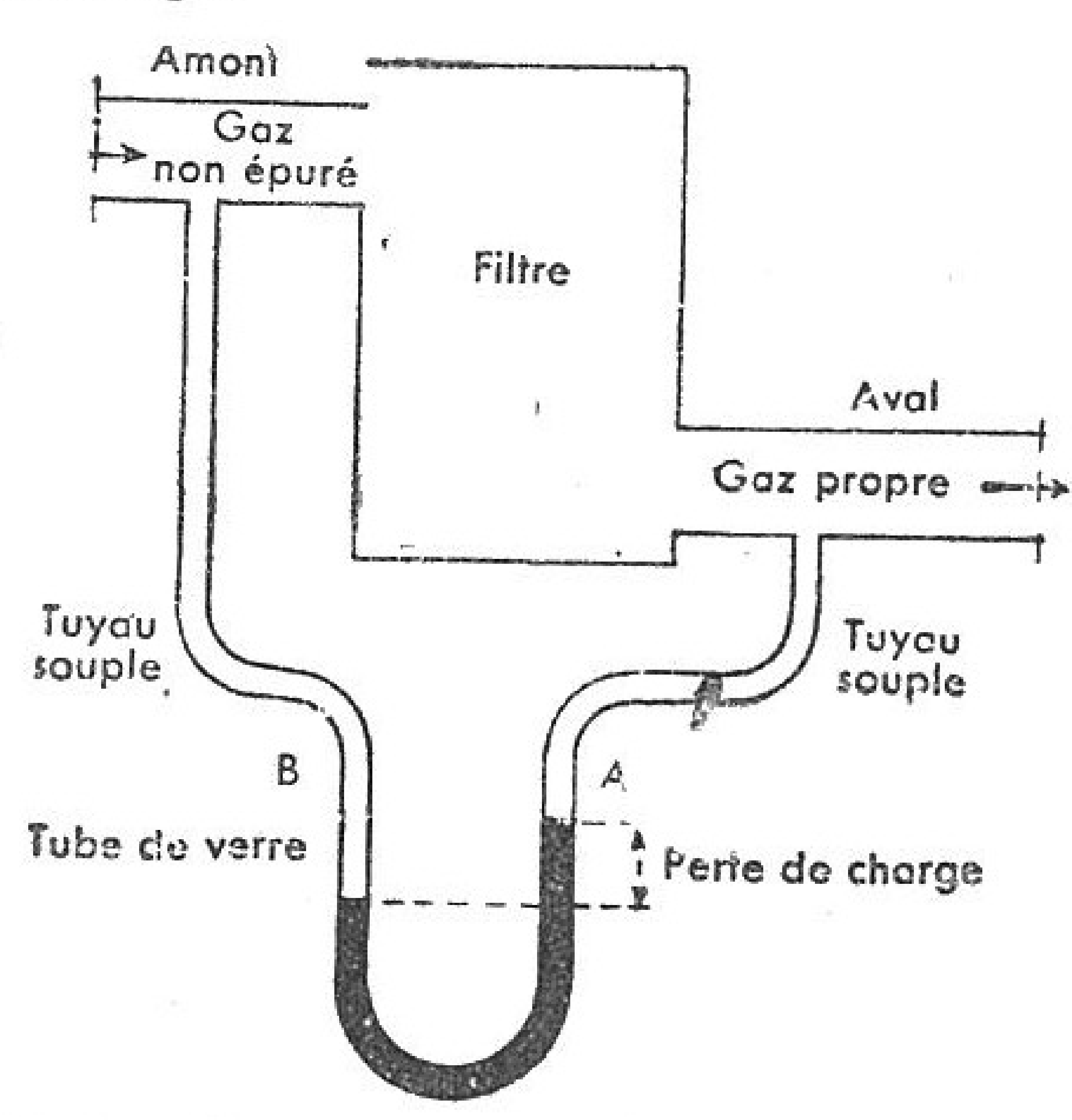


FIG. 3. — Schéma de montage pour la mesure d'une perte de charge.

Le schéma de la figure 3 montre comment on peut mesurer la perte de charge entre deux points, par exemple l'un en amont du filtre, l'autre en aval. Une perte de charge de 50 gr. : cm2 est chose courante au passage du filtre. Un vide de 20 à 30 gr. : cm2 dans la tuyère d'un gazogène assure une bonne marche du foyer (Gohin).

Après étalonnage (c'est-à-dire après comparaison avec un appareil similaire déjà en service) de l'appareil dont nous donnons le schéma, on peut facilement déceler le point précis où se produit une résistance anormale : corriger alors l'installation, remplacer une tuyère, modifier le filtre, etc.

On peut encore mesurer la dépression en un point de la canalisation de la manière suivante : prendre un tube de

verre de 10 m/m de diamètre environ et d'un mètre de longueur et le mettre en communication avec le point considéré à l'aide d'un tuyau de caoutchouc et d'un petit robinet fixé à celui-ci.

Le moteur étant en marche, plonger le tube de verre dans un récipient contenant de l'eau et ouvrir le robinet : on voit aussitôt l'eau monter dans le tube et, en accélérant le moteur pour le mettre à son régime régulier, on peut mesurer la hauteur maximum de l'eau dans le tube ; on obtient ainsi une valeur assez exacte de la dépression.

Pour qu'un gazogène fonctionne normalement il faut qu'il présente le moins de pertes de charge possible.

7. POUVOIR CALORIFIQUE. — On appelle pouvoir calorifique d'un combustible, la quantité de chaleur dégagée par la combustion de 1 kilo, de 1 litre ou de 1 mètre cube de ce combustible; on l'exprime en calories kilogramme par kilogramme (ce qu'on écrit en abrégé : cal. kg. : kg.) pour les combustibles solides ou liquides, parfois en cal. kg. : litre pour les liquides et en cal. kg. : m3 pour les combustibles gazeux. *Pour ces derniers, on suppose toujours que le mètre cube de gaz est pris à 0° et sous la pression atmosphérique.*

Voici les pouvoirs calorifiques de quelques combustibles :

Carbone amorphe	8.080 cal. kg. : kg.
Charbon de terre	7.000 à 8.500 cal. kg. : kg. suivant qualité.
Essence	10.500 cal. kg. : kg. ou 7.600 cal. kg. : litre.
Alcool éthylique pur	7.080 cal. kg. : kg.
Alcool éthylique dénaturé	5.900 cal. kg. : kg.
Alcool méthylique pur	5.330 cal. kg. : kg.
Gaz d'éclairage	4.500 cal. kg. : m3 (à 0° sous la pression atmosphérique.)

8. PRODUITS DE LA COMBUSTION. — Les combustibles minéraux ou végétaux contiennent du carbone (ou charbon pur), de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote, de l'eau et des produits minéraux qui, après la combustion, formeront les cendres.

Pour amorcer la combustion d'une certaine masse de charbon, il faut allumer, c'est-à-dire chauffer au rouge un point de la masse et faire arriver de l'air sur ce point; si l'air arrive en quantité suffisante, toute la masse devient, peu à peu, incandescente, la température s'élève, puis, si on n'ajoute pas de charbon, le foyer s'éteint, il ne reste plus qu'un petit tas de cendres : la majeure partie du combustible s'est *volatilisée*, s'est transformée en gaz.

Nous ne considérerons, pour l'instant, que la gazéification du *carbone* ou charbon pur.

La combustion ou gazéification du carbone peut donner naissance à deux produits très différents, qu'il faut bien se garder de confondre :

le gaz carbonique ;
l'oxyde de carbone.

Lorsque, à une masse donnée de carbone, on fournit de l'air en quantité suffisante, la combustion est complète et le gaz produit est le GAZ CARBONIQUE ou ANHYDRIDE CARBONIQUE, gaz inerte incapable de brûler et, par conséquent, d'animer un moteur. En le produisant, on extrait du carbone toute la chaleur que celui-ci est capable de donner : c'est donc ce gaz que l'on cherche à obtenir dans les foyers domestiques, dans les foyers de locomotive, et que l'on retrouve dans les gaz d'échappement des moteurs à explosion.

Le gaz carbonique est incolore, d'une odeur piquante, d'une saveur légèrement aigrelette, plus lourd que l'air : 1 litre de ce gaz pris à 0° sous la pression atmosphérique pèse 1 gr. 977.

Lorsque, au contraire, le carbone incandescent est en excès par rapport à l'air, il se transforme bien en gaz, mais la combustion est incomplète et le gaz formé peut encore brûler. Ce nouveau gaz s'appelle OXYDE DE CARBONE et est capable d'actionner un moteur; C'EST CE GAZ QUE L'ON CHERCHE A PRODUIRE DANS UN GAZOGÈNE.

Il est, lui, incolore, inodore, insipide et légèrement plus léger que l'air : 1 litre d'oxyde de carbone pris à 0° sous la pression atmosphérique pèse 1 gr. 250.

Il prend naissance dans les foyers domestiques quand le *tirage*, ou appel d'air, est défectueux, et toute fuite est dangereuse car l'*oxyde de carbone est un poison violent* qui forme avec l'hémoglobine du sang une combinaison stable. Les globules sanguins chargés de distribuer l'oxygène dans l'organisme ne peuvent plus remplir leur fonction : il en résulte une véritable asphyxie. L'atmosphère est mortelle si elle contient 1 à 2 0/0 d'oxyde de carbone.

Dans un gazogène, l'oxyde de carbone est pour ainsi dire domestiqué et rendu inoffensif. Cependant, certaines précautions, que nous indiquerons, doivent être prises (Voir chapitre VI).

Il ne faudrait pas croire que la combustion du carbone donne toujours exclusivement l'un ou l'autre de ces deux gaz : généralement, ils sont tous deux produits simultané-

ment. On ne peut guère éviter que les fumées des locomotives ne contiennent un peu d'oxyde de carbone et dans le gaz de gazogène, il peut exister un peu de gaz carbonique.

Cependant, ce dernier gaz possède une propriété intéressante : si on le fait passer, *à l'abri de l'air,* sur des charbons incandescents, il s'unit à une certaine proportion de carbone pour former de l'oxyde de carbone et devenir ainsi combustible : on dit que le gaz carbonique est *réduit* par le charbon.

Cette *réduction* joue un rôle de tout premier plan dans le fonctionnement du gazogène. Pour qu'elle puisse avoir lieu correctement et rapidement, il faut que le charbon soit à une température très élevée (1.100° à 1.200° au moins). On conçoit que seule la régularité de cette réduction, qui a pour but de transformer un gaz inerte en gaz actif, assure un régime de marche constant du moteur et que sa rapidité facilite les *reprises.*

Le foyer du gazogène doit donc toujours rester très vif, si l'on veut obtenir un gaz à pouvoir calorifique élevé.

Le pouvoir calorifique de l'oxyde de carbone est de 3.030 cal. kg. : m3 (1 mètre cube mesuré à 0° sous la pression atmosphérique).

9. L'EAU, un des corps les plus répandus dans la nature, existe sous trois états : solide, liquide et gazeux; rappelons quelques-unes de ses propriétés :

1° Quand l'eau est rèfroidie à moins de 0° C., elle se transforme en glace en augmentant de volume, et ce fait oblige les conducteurs à prendre quelques précautions en hiver, pour protéger les radiateurs (1) ;

2° Comme tous les corps, l'eau se dilate quand on la chauffe; par conséquent, 1 litre d'eau chaude pèse moins que 1 litre d'eau froide; cette remarque explique le fonctionnement du thermo-siphon (circulation d'eau de refroidissement autour du moteur) (1) ;

3° A l'air libre, l'eau s'évapore, se transforme en vapeur; ce phénomène de l'*évaporation* est sensible l'été surtout. Si l'eau est activement chauffée, sa transformation en vapeur, ou *vaporisation,* est rapide; si, d'autre part, on refroidit cette vapeur, elle revient à l'état liquide. On peut s'en rendre compte en plaçant un objet froid au-dessus d'un vase contenant de l'eau bouillante; l'objet froid se recouvre de gouttes d'eau; on dit que la vapeur s'est *condensée.*

---

(1) Voir *Le livre de l'Automobiliste.*

La condensation, à laquelle sont soumises toutes les vapeurs, explique les difficultés qu'on rencontre l'hiver pour lancer un moteur à essence : les produits volatils de l'essence se condensent sur les parois de la canalisation d'admission et du cylindre qui sont froids et le gaz admis, devenu trop pauvre, ne produit pas d'explosion. (Pour faciliter le départ, on peut procéder comme suit : vidanger le radiateur et faire le plein d'eau très chaude; faire chauffer les bougies; réchauffer le tuyau d'admission avec une brique chaude ou un fer à repasser.)

La vapeur d'eau est invisible; on ne voit pas la vapeur d'eau contenue dans l'air d'une salle, mais s'il fait froid dehors, les vitres se recouvrent d'une buée formée par la condensation de la vapeur d'eau existant à l'intérieur; si on verse de l'essence sur le parquet, l'odeur se répand dans toute la salle, mais on ne voit pas la vapeur d'essence; si on crée un courant d'air, la vapeur d'essence est entraînée, car la vapeur est intimement mélangée à l'air.

Pour séparer une vapeur d'un gaz, il faut d'abord la condenser ;

4° On a reconnu que l'eau était formée par la combinaison de deux gaz, ce que l'on peut mettre en évidence de la façon suivante :

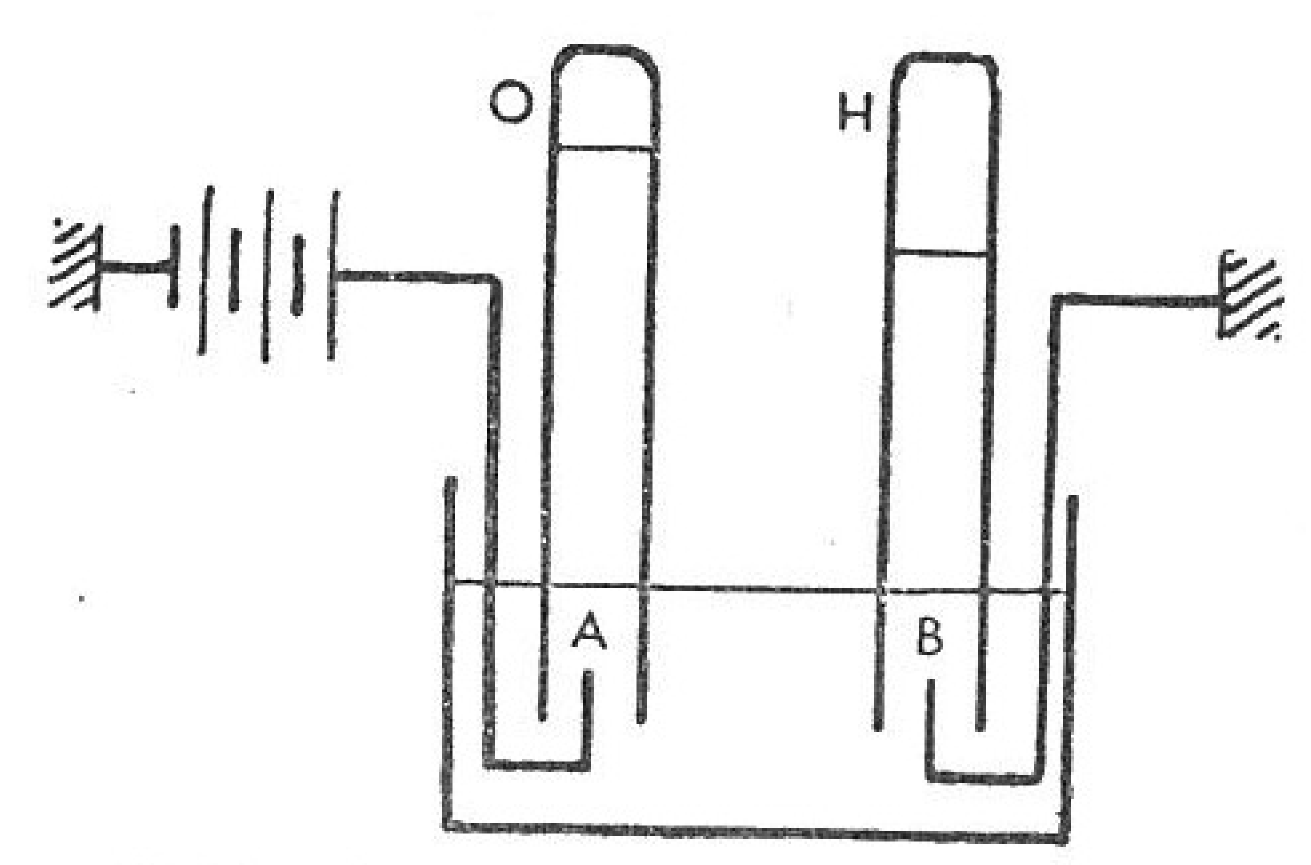


FIG. 4. — Schéma de montage pour la décomposition de l'eau.

Sur une cuvette pleine d'eau, on renverse deux éprouvettes (c'est-à-dire deux longs vases en verre) entièrement pleines d'eau et, sous chacune d'elles, on fait arriver un fil réuni aux bornes d'une batterie d'accumulateurs (l'eau est légèrement acidulée, pour réduire la résistance au passage du courant).

Dès que le courant passe, des bulles de gaz apparaissent sur les fils, en A et en B, puis montent en haut des éprouvettes. On constate que le volume du gaz dans l'éprouvette H est double du volume du gaz dans l'éprouvette O (fig. 4).

Retirons les éprouvettes et dans chacune d'elles introduisons un charbon rouge. Dans l'éprouvette O, le charbon continue à brûler, son éclat se ravive même; le gaz de cette éprouvette, qui entretient la combustion, est de l'*oxygène*. Dans l'éprouvette H, le charbon noircit, le gaz qu'elle contient est de l'*hydrogène*. Renversons cette éprouvette H et approchons une flamme de l'ouverture : le gaz brûle très rapidement avec l'oxygène de l'air ; on constate d'ailleurs qu'un corps froid (assiette, tôle), tenu près de l'ouverture de l'éprouvette pendant la combustion, se recouvre de gouttelettes d'eau.

L'hydrogène est donc un corps combustible (1) qui, en brûlant avec l'oxygène de l'air, forme de la vapeur d'eau et dégage une grande quantité de chaleur. D'après la remarque 3°, on conçoit que si la vapeur d'eau est condensée, la chaleur fournie par l'hydrogène est plus grande que si la vapeur reste à l'état de vapeur. Le pouvoir calorifique inférieur de l'hydrogène, c'est-à-dire avec production de vapeur non condensée, est de : 2.590 cal. kg. : m3.

C'est le plus léger de tous les gaz : 1 litre d'hydrogène pris à 0° et à la pression atmosphérique pèse 0 gr. 0898, c'est-à-dire quatorze fois et demie moins que l'air.

10. DISSOCIATION DE LA VAPEUR D'EAU. — L'hydrogène, en brûlant, dégage une grande quantité de chaleur et donne de la vapeur d'eau. Inversement, si l'on fait passer de la vapeur d'eau sur des charbons incandescents, elle est *dissociée* ou décomposée : l'hydrogène est libéré tandis que l'oxygène s'unit au carbone pour former de l'oxyde de carbone. La dissociation de la vapeur d'eau absorbe de la chaleur: elle ne peut se produire que si le foyer est très chaud (1.100 à 1.200° au moins).

11. GAZOGÈNE. — Un gazogène est un appareil destiné à transformer un combustible solide en combustible gazeux.

La connaissance des principes qui viennent d'être exposés permettra de mieux comprendre le processus de cette transformation.

Le gazogène doit tendre :

a) A produire le plus d'oxyde de carbone possible, donc à réduire en oxyde de carbone le gaz carbonique qui a pu se former ;

---

(1) Cette propriété explique pourquoi il est imprudent de s'éclairer avec une lampe à flamme nue pour examiner une batterie d'accumulateurs en charge : le passage du courant décompose l'eau acidulée et l'hydrogène qui se dégage peut s'enflammer.

b) A dissocier la majeure partie de l'eau que le combustible peut contenir.

Le gaz produit contient naturellement beaucoup d'azote, puisque ce n'est pas de l'oxygène pur qui entre en jeu, mais de l'air qui n'en contient que 21 0/0 en volume.

Si le combustible était du carbone pur et sec, si l'air était également sec et si, enfin, le gazogène était parfait, le gaz obtenu serait formé de 1/3 d'oxyde de carbone et de 2/3 d'azote, et le pouvoir calorifique serait de

$$\frac{3.030}{3} = 1.010 \text{ cal. kg. : m}^3$$

Ce simple calcul met en relief l'influence nuisible de l'azote. Mais le combustible, bois ou charbon de bois, et l'air contiennent toujours de l'eau dont la dissociation se fait sans introduction d'azote, de sorte qu'en réalité le pouvoir calorifique du gaz de gazogène est d'environ 1.200 cal. kg. : m3. Nous préciserons plus loin sa valeur (Voir § 28 et § 35).

12. LE GAZ DES FORÊTS (1). — On appelle ainsi le gaz produit en partant du bois ou du charbon de bois. Formé essentiellement d'oxyde de carbone, d'hydrogène et d'azote, il est combustible et peut être utilisé dans des moteurs, après avoir été additionné de l'air nécessaire à sa combustion.

L'intérêt de l'emploi du Gaz des Forêts sera mis en relief au paragraphe 23.

13. COMPRESSION D'UN GAZ. — Quand on manœuvre rapidement une pompe à air pour gonfler un pneumatique, on constate que le cylindre de métal s'échauffe; ce fait est général : quand on comprime un gaz, c'est-à-dire quand on réduit son volume, on augmente non seulement sa pression, mais aussi sa température.

14. ECHAUFFEMENT D'UN GAZ ; AVANCE A L'ALLUMAGE. — Inversement, si on chauffe un gaz sans lui laisser la possibilité de se dilater, sa pression monte.

Dans la théorie du moteur à explosion, on suppose tout d'abord que la combustion du mélange air-essence ou air-gaz se fait en un temps nul quand le piston passe exactement au point mort haut : la combustion du mélange dégage une grande quantité de chaleur et la pression croît brusquement.

---

(1) Cette appellation est due à M. le professeur COUPAN, membre de l'Académie d'Agriculture, qui l'a proposée au Congrès de Blois en 1925.

Si le moteur n'était pas lancé, aucun mouvement ne se produirait, la bielle et la manivelle étant en ligne droite, mais comme le moteur est lancé, le piston dépasse le point mort et il reçoit une vive impulsion.

Or, la durée de la combustion n'est pas nulle et quand la combustion se termine, le piston a déjà parcouru une partie de sa course et l'on conçoit que, *à cause de la durée de la combustion,* la pression d'explosion est plus faible que si le phénomène avait lieu à volume constant. Pour rapprocher cette pression de la pression théorique, on provoque l'allumage *avant* le passage du piston au point mort, de façon que l'explosion se termine peu après le passage en ce point.

15. DÉTENTE D'UN GAZ. — Ouvrons la valve d'un pneumatique gonflé : le pneu s'aplatit, la pression baisse, on dit que le gaz se détend, c'est-à-dire que l'ouverture de la soupape de la valve lui permet d'occuper un volume plus grand: la main, placée dans le jet, reçoit une impression de froid : la détente d'un gaz est donc accompagnée de son refroidissement. Si le gaz qui se détend contient de la vapeur d'eau, le refroidissement dû à la détente en produit la condensation : cette remarque trouvera son application un peu plus loin.

B. — Principes de mécanique

16. FORCE. — Aucun corps ne peut, de lui-même, modifier son état de repos ou son état de mouvement.

On appelle *force* toute cause capable de mettre en mouvement un corps au repos ou, si le corps est en mouvement, toute cause capable de rendre ce mouvement plus lent ou plus rapide.

On conçoit donc que les forces puissent être motrices ou résistantes. Par exemple : la force musculaire, la force d'expansion des gaz, sont des forces qui sont tantôt motrices, tantôt résistantes; le frottement qui gêne le glissement d'un corps sur un autre, la résistance de l'air à l'avancement d'une voiture sont des forces résistantes.

Pour mesurer les forces, on les compare à l'une d'elles, la pesanteur. Le poids d'un corps qui, en effet, représente l'influence exercée par la terre sur lui, est une force qui nous est des plus familières. Il est particulièrement aisé de vérifier l'égalité ou la différence de deux poids.

L'unité de force est le kilogramme (kg.). On dira, par exemple, que pour déplacer une voiture pesant 1.000 kilos,

il faut exercer une poussée de 16 kilos environ. Cet effort sert à vaincre la résistance du sol et les frottements des arbres dans leurs paliers.

17. TRAVAIL. — On dit qu'une force produit du travail quand elle a vaincu une résistance. La notion de *travail* associe intimement les idées de force et de déplacement. Par exemple, une poussée de 10 kilos sur une voiture de 1.000 kilos est insuffisante pour déplacer la voiture : cette force ne produit aucun travail.

Il y a encore production de travail si l'effet de la force a été un changement de vitesse, ou encore une déformation du corps sur lequel la force agit.

Nous définirons le travail simplement en prenant le cas particulier où une force produit le déplacement d'un corps dans la même direction qu'elle. On conçoit que le travail soit d'autant plus important que la force est plus grande et que le chemin parcouru est plus long. En mécanique, on appelle *travail d'une force* le produit de cette force (en kg.) par le chemin parcouru (en mètres), lorsque le déplacement se produit dans la direction de la force.

L'unité de travail est le *kilogrammètre* (kgm.), travail d'une force de 1 kg. qui déplace le corps auquel elle est appliquée, de 1 m. dans sa direction :

$$1 \text{ kgm.} = 1 \text{ kg.} \times 1 \text{ m.}$$

Ainsi, en déplaçant la voiture de 4 mètres, on a développé un travail de :

$$16 \times 4 = 64 \text{ kgm.}$$

18. PUISSANCE. — Confions à un homme robuste la tâche de monter 500 kg. de briques, par exemple à 4 m. de hauteur. A chaque montée, il pourra sans peine transporter 25 kg.; un jeune manœuvre ne pourra, sans fatigue, emporter plus de 5 kg. par montée. Quand tous deux auront terminé leur mission, ils auront effectué le même travail :

$$500 \text{ kg.} \times 4 \text{ m.} = 2.000 \text{ kgm.}$$

mais l'homme a fourni ce travail en cinq fois moins de temps que le jeune manœuvre qui, à chaque montée, emporte une charge cinq fois plus faible. On dit que l'homme est plus *puissant* que le jeune manœuvre. De même, de deux moteurs fournissant le même travail, le plus puissant est celui qui effectue ce travail dans le moins de temps : *c'est le temps qui détermine la notion de puissance.*

On appelle *puissance d'un moteur* et non force d'un moteur le travail que ce moteur fournit en une seconde; on l'évalue en *chevaux* : 1 cheval (1 CV) correspond à un travail de 75 kgm. par seconde (1).

Exemple : On a pu mesurer la résistance opposée par l'air à l'avancement des véhicules : insignifiante si la voiture avance lentement (par exemple, si on la pousse à la main), elle augmente très rapidement avec la vitesse; ainsi, on a constaté que cette résistance quadruplait quand on passait d'une vitesse à une vitesse deux fois plus grande.

Admettons que, à la vitesse de 72 km.-heure, cette résistance soit de 64 kg. pour la voiture de 1.000 kg. déjà considérée.

La résistance totale à vaincre comprend :

16 kg. pour la résistance opposée par le roulement sur le sol.

64 kg. pour la résistance de l'air, soit en tout :

80 kg. (force).

Comme le chemin parcouru en une heure est égal à 72 km. ou 72.000 m., le travail *utile* fourni par le moteur est, en une heure :

Force × chemin parcoru = travail.

80 × 72.000 = 5.760.000 kgm.

En une seconde, le travail fourni est 3.600 fois moindre (1 h. = 60 min. × 60 = 3.600 secondes) ou :

$$\frac{5.760.000}{3.600} = 1.600 \text{ kgm. par seconde (puissance).}$$

$$\text{ou } \frac{1.600}{75} = 21 \text{ CV environ (puissance).}$$

19. Rendement organique de la transmission. — Nous venons de parler du travail *utile* fourni par le moteur; c'est que, en effet, le moteur doit, outre les résistances opposées par le sol et par l'air, vaincre encore les résistances de frottement présentées par les organes de transmission : on appelle *rendement organique de la transmission,* la fraction de la puissance du moteur qui est disponible pour l'avancement de la voiture; on peut l'évaluer à 80 0/0 environ, de

(1) On emploie souvent comme unités de puissance, le *watt,* l'hectowatt et le kilowatt :

1 CV = 736 watts = 7,36 hW = 0,736 kW.

sorte que la puissance du moteur à placer sur la voiture doit

être $\frac{21}{0,80} = 26$ CV (1).

Nous aurons à parler du rendement en de multiples circonstances. Il convient de noter qu'un rendement, quel qu'il soit, est toujours inférieur à 1.

20. EQUIVALENT MÉCANIQUE DE LA CALORIE. — Considérons le mélange air-gaz comprimé dans la chambre de combustion d'un moteur. La combustion de ce mélange met en liberté un certain nombre de calories, la température du gaz augmente considérablement, ainsi que la pression (Voir § 14, p. 25) et le piston est chassé dans le cylindre : la force expansive du gaz provient ainsi de la chaleur et comme elle produit du travail, on voit que l'on peut transformer la chaleur en travail.

Les physiciens ont reconnu que : *une calorie pouvait produire environ 425 kgm.* Ce nombre est appelé *équivalent mécanique de la calorie.*

21. CHEVAL-HEURE. EQUIVALENT CALORIFIQUE DU CHEVAL-HEURE. — Le cheval-heure (CV H) est le travail qu'un moteur d'une puissance de 1 CV produit en 1 heure ou 3.600 secondes. 1 CVH représente donc $75 \times 3.600 = 270.000$ kgm. qui correspondent à

$$\frac{270.000}{425} = 635 \text{ calories (2).}$$

---

(1) Quand un moteur est construit, il est essayé au banc : on lui fait entraîner par exemple une dynamo de rendement connu. Une simple lecture sur des appareils de mesures électriques permet de calculer la puissance de la dynamo. La puissance du moteur est égale au quotient de la puissance de la dynamo par son rendement. Pour la voiture essayée, la puissance au banc (ou au frein) devrait être de 26 CV au moins.

Remarquons que les constructeurs de voitures de ce poids et atteignant la vitesse envisagée, annoncent des moteurs de 6 à 8 CV. Cela provient de ce que, il y a quelques années, les voitures supportaient un impôt calculé sur une puissance déterminée à l'aide d'une formule désuète, qui ne correspond plus avec la connaissance que nous avons actuellement des moteurs à explosion.

On ne peut guère donner de règle pour calculer la puissance réelle d'un moteur connaissant sa puissance *fiscale*.

(2) Il existe d'autres unités de travail fréquemment utilisées, telles que le watt-heure (Wh), l'hectowatt-heure (hWh), le kilowatt-heure (kWh). On passe aisément de l'une à l'autre car 1 hWh vaut 36.720 kgm.

Ce nombre est appelé l'*équivalent calorifique du cheval-heure.*

Ainsi, le moteur de la voiture, considérée plus haut, transformerait en travail, par heure :

$$26 \times 635 = 16.510 \text{ calories.}$$

22. Rendement thermique d'un moteur. Consommation. — Un moteur ne peut malheureusement pas transformer en travail utile toutes les calories qu'il reçoit : une certaine partie du travail fourni par la combustion sert à actionner divers organes auxiliaires (pompes à huile et à eau, dynamo, magnéto, etc.) ou à vaincre des frottements; d'autre part, les gaz d'échappement et l'eau de refroidissement emportent de la chaleur qui ne produit aucun travail. On appelle *rendement thermique du moteur ou rendement effectif* (1) la fraction de la chaleur contenue dans le carburant qui est transformée en travail utile.

On évalue le rendement moyen d'un bon moteur à essence à 0,26 environ, c'est-à-dire aux 26 centièmes de la chaleur dégagée dans les cylindres. Il faudrait alors fournir au moteur déjà étudié : $\frac{16.510}{0,26} = 63.733$ calories par heure. L'essence ayant un pouvoir calorifique moyen de 7.600 cal. kg. : litre, la consommation horaire serait $\frac{63.733}{7.600} = 8,4$ l. environ (2), et comme la voiture parcourt 72 km.-heure, la consommation aux 100 km. serait $\frac{8,4 \times 100}{72} = 11,7$ litres.

Nous reviendrons plus loin (Voir § 113, p. 121) sur la question du rendement d'un moteur alimenté par un gazogène.

---

(1) Le lecteur doit être mis en garde contre une expression familière qui prête à confusion. On dit souvent : le moteur ne « rend » pas : il faut entendre par là que le moteur développe une puissance moindre que d'habitude ; l'expression « le moteur ne tire pas », tout aussi familière, paraît plus heureuse car elle ne prête pas, comme la première, à la confusion du rendement et de la puissance, qui sont des choses absolument différentes.

(2) La consommation par CVH serait $\frac{8,4}{26} = 01.32$, soit un tiers de litre d'essence.

CHAPITRE II

Les carburants forestiers

23. La forêt française couvre 10.500.000 hectares, c'est-à-dire à peu près 1/5 de la superficie du territoire métropolitain.

La France, qui est un des pays les plus boisés d'Europe, possède quelques régions de grandes forêts : les Landes, les Vosges, le Jura, les Alpes, les Pyrénées, le Morvan, la Normandie, les Ardennes. Elle possède également de nombreuses forêts de moindre étendue, réparties dans toutes les régions, de sorte qu'on peut aisément trouver un peu partout du bois à des conditions avantageuses.

Le bois a perdu de sa valeur par la généralisation des constructions en fer et en béton, par l'emploi d'essences exotiques en ébénisterie; l'utilisation des carburants forestiers pourrait améliorer considérablement la situation des populations forestières et contribuer à la revalorisation d'une de nos grandes richesses nationales.

Les amis des arbres peuvent d'ailleurs être rassurés : il n'est pas question d'exploiter abusivement nos belles forêts, mais d'en faire une exploitation raisonnée et bienfaisante. Actuellement, on tire surtout parti des *bois d'œuvre* destinés à la charpente, à la menuiserie, à l'ébénisterie, à diverses industries (mines, chemins de fer, papeteries, etc.).

Les *bois de feu*, branchages, houppiers, déchets de débit ou de travail, trouvent peu d'acquéreurs; la production annuelle en bois de feu est évaluée à environ 30 millions de stères de bois de feu, dont plus de 12 millions sont à peu près inutilisés.

Ce sont ces laissés pour compte qu'il s'agit surtout de convertir en carburants propres à l'alimentation des moteurs. Leur emploi encouragerait à reboiser des terrains de culture difficile et donnerait du travail à de nombreux chômeurs ; outre la création d'une nouvelle richesse, on pourrait, par

le reboisement, assainir le climat de certaines régions, régulariser le débit des cours d'eau, et mettre fin à des inondations catastrophiques.

Utiliser les carburants forestiers, c'est diminuer la sortie de l'or nécessaire à solder nos achats d'essence à l'étranger. C'et aussi, pour l'usager, réaliser une bonne affaire, comme nous le montrerons plus loin.

⁂

Le bois peut être employé sous sa forme naturelle (bois cru) ou transformé en charbon de bois. Le charbon roux, les agglomérés sont deux formes récentes des carburants forestiers, qui semblent, surtout en ce qui concerne ces derniers, appelées à un grand développement dans un avenir prochain.

A. — LE BOIS

24. Essences. — Tous les bois peuvent être utilisés. Il faut distinguer les bois « *feuillus* » à larges feuilles, des bois *résineux* dont les feuilles affectent la forme d'aiguilles (feuilles aciculaires).

Les bois feuillus comprennent :

Des bois *durs* (charme, chêne, orme, frêne, hêtre, etc.) ;

Des bois *tendres* (peuplier, bouleau, érable, aulne, platane, etc.) ;

Des bois *fins* (noyer, merisier, poirier , buis) ; ces derniers ne fournissent, en bois de feu, qu'un tonnage très réduit.

Les bois résineux les plus répandus sont : le pin, le sapin, l'épicéa, le mélèze.

Tandis que les bois durs s'allument et se consument assez lentement, les bois tendres et résineux s'enflamment vite et disparaissent rapidement ; les premiers donnent donc une marche économique, les seconds facilitent les reprises.

D'autre part, les bois durs étant plus lourds que les bois tendres et que les résineux (Voir § 28, p. 34), ils assurent, pour un même volume de trémie, un plus grand rayon d'action. Suivant le service demandé au véhicule ou simplement au moteur, et suivant le ravitaillement dont on dispose, on a intérêt à faire des mélanges des diverses essences.

Les bois de démolition (charpente, menuiserie, traverses de chemin de fer) peuvent être utilisés après enlèvement des ferrures, pierres ou gravats qui pourraient former des mâchefers préjudiciables à la bonne marche des gazogènes.

25. Bois vert, bois sec, séchage. — Le bois vert, fraîchement abattu est d'un emploi peu recommandé : la forte proportion d'eau qu'il contient, qui peut dépasser 50 0/0 et atteint fréquemment 40 0/0, rend l'allumage pénible et donne un gaz humide dont nous verrons plus loin les inconvénients. Il est préférable de faire sécher le bois, de façon à amener la proportion d'eau à moins de 20 0/0.

Dès l'abattage, on opère un triage : les menus bois (moins de 2 cm. de diamètre) sont mis en fagots, les rondins de 2 à 6 ou 7 cm. sont coupés à la longueur de 66 cm. (*charbonnette*) ; les plus grosses branches sont fendues en deux ou en quatre (quartelage).

Les bois sont mis en tas sur des traverses, de façon à empêcher la moisissure des bûches inférieures au contact du sol; ils sèchent ainsi pendant six à huit mois.

On peut débiter le bois vert en petits morceaux; le bois débité est laissé en couches de 70 à 80 cm. sur des planchers ajourés; de temps en temps on remue le tas à la fourche, pour activer le séchage; on peut aussi le loger dans des sacs en filet à larges mailles de jute ou de corde de papier. Les sacs sont suspendus et le séchage est rapide.

Pendant la période de séchage, la pluie ne peut avoir que d'heureux effets en diluant la sève qui contient la majeure partie de l'eau de constitution du bois; après une pluie, le bois doit être aéré, afin d'éviter la moisissure ou piquage, le bois piqué perdant beaucoup de sa valeur.

26. Usages commerciaux. — L'unité normale de volume pour la vente des bois de chauffage est le stère qui correspond à 1 mètre cube.

Cette unité est moins employée dans les centres forestiers que la corde, dont les dimensions varient suivant les régions et peuvent être, par exemple :

Longueur : 5 m. 33.
Largeur : 0 m. 66.
Hauteur : 0 m. 70 à 0 m. 74.

Le volume de la corde équivaut, en moyenne, à 2,5 stères.

La corde normale contient trois sortes de bûches dans les proportions suivantes :

Menu : 20 0/0.
Charbonnette : 30 0/0.
Rondins sciés : 50 0/0.

27. Débit et stockage. — Les constructeurs de gazogènes insistent pour que les morceaux de bois-carburant ne dépassent pas certaines dimensions : les plus gros ne doivent

pas avoir plus de 7 à 8 cm. d'arête. La régularité des formes et des dimensions n'est pas à rechercher : les menus morceaux s'allument rapidement et favorisent les reprises, les plus gros donnent une marche économique. Suivant le service demandé au moteur et suivant les possibilités de ravitaillement, il peut être avantageux de faire des mélanges de diverses essences débitées en divers calibres; si le mélange devait comporter une forte proportion de chêne, ce bois serait débité en morceaux de 5 à 6 cm. au plus.

Il est indispensable de suivre les indications qui précèdent, données par la plupart des constructeurs : les très petits morceaux se tassent et l'activité du foyer, difficilement traversé par l'air, se ralentit; si, d'autre part, certaines dimensions dépassent le maximum fixé, la descente du bois est irrégulière, il se forme des voûtes et la marche du moteur est troublée.

Le débit du bois se fait au moyen de scies qui le découpent à la longueur voulue, et de fendeuses; ces machines sont généralement automatiques (scie Gloppe, par exemple).

Le *bois déchiqueté* est obtenu à l'aide de volants munis de couteaux dont la tranche est présentée obliquement aux fibres : l'échantillon obtenu coupé en « sifflet » présente une arête mince qui facilite l'allumage. La superdécoupeuse J. D., de la Société des Carburants Forestiers Champenois, la découpeuse de Romanet, la serpe-hélice Salomon, donnent d'excellents résultats en opérant sur du bois vert.

Dans la grande majorité des cas, les agriculteurs (car, comme nous le montrerons au § 36, le bois est pour eux d'un emploi tout indiqué) peuvent, pendant la mauvaise saison, préparer sur place, leur provision de bois pour la campagne suivante. L'achat en commun d'un appareil à débiter le bois assurera un prix de revient très réduit du combustible.

Le bois débité est stocké, comme il vient d'être indiqué, à l'abri de la pluie; en tenant compte de la densité donnée ci-après et de l'épaisseur de la couche, on peut stocker environ :

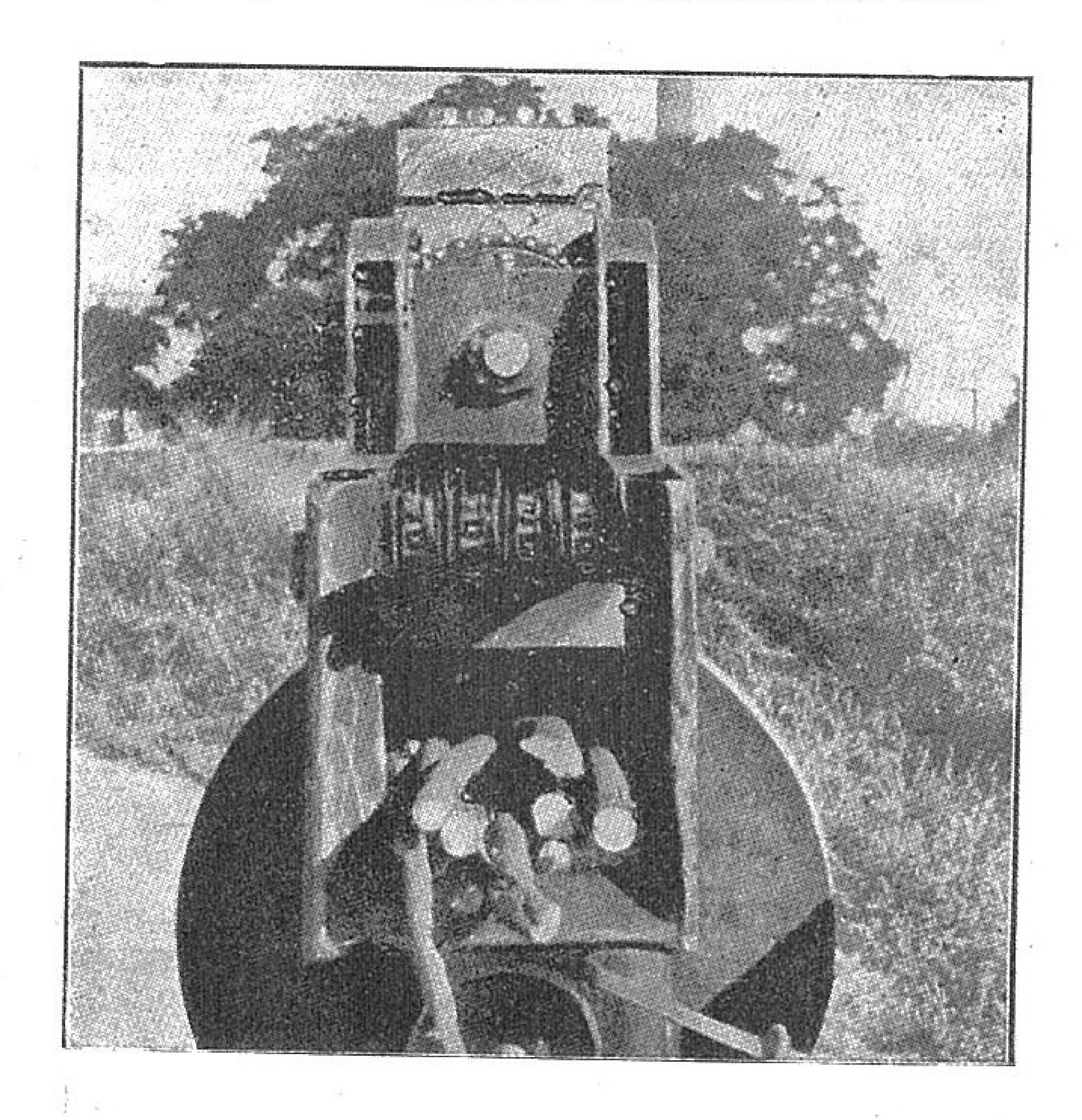
$$300 \text{ kg.} \times 1 \text{ m2} \times 0 \text{ m. } 80 = 240 \text{ kg.}$$

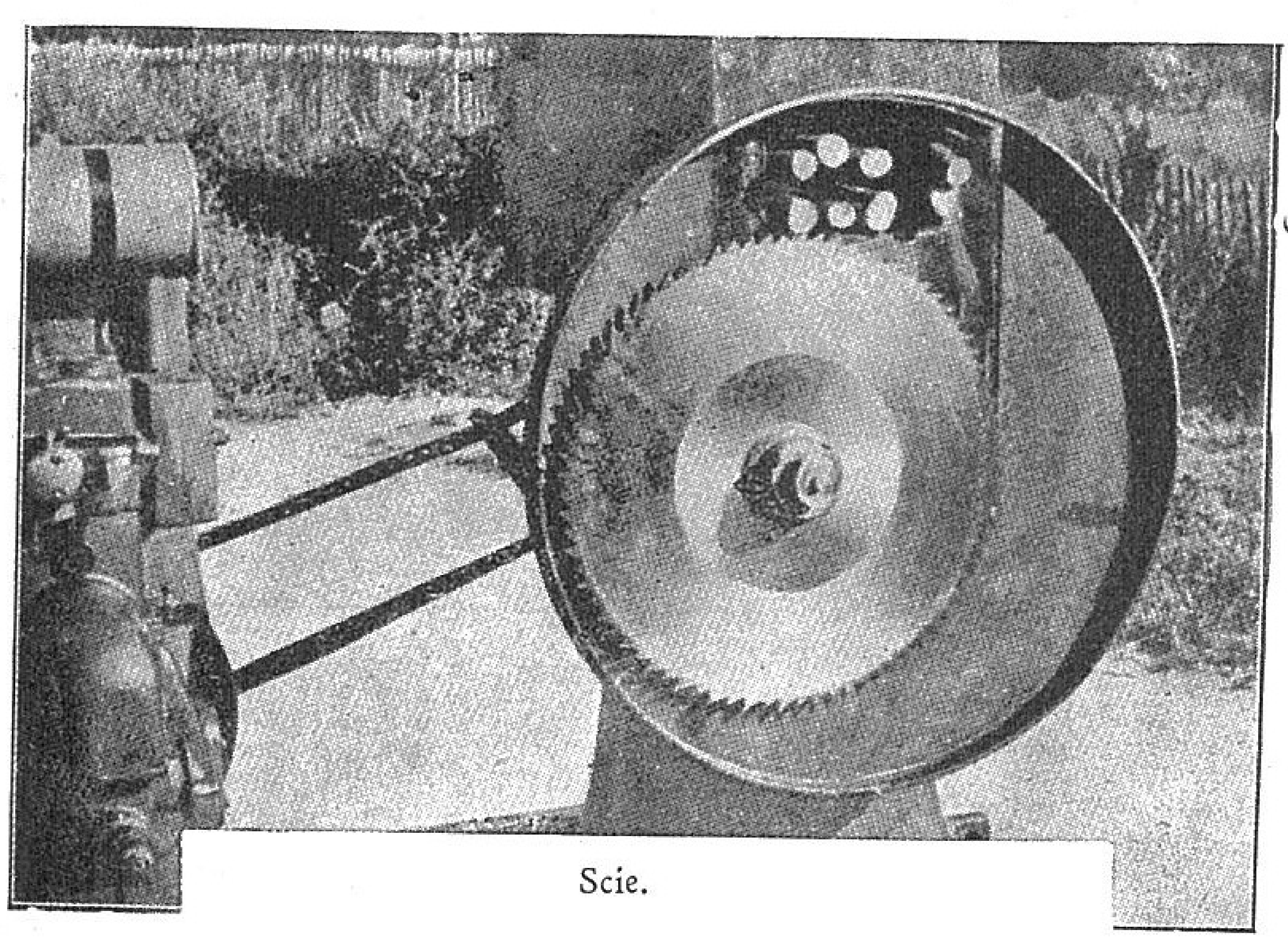
par mètre carré de plancher; le bois est ensuite livré dans le commerce en sacs de papier ou de jute.

28. PROPRIÉTÉS DU BOIS ET DU GAZ DE BOIS. — 1° *Densité du bois :*

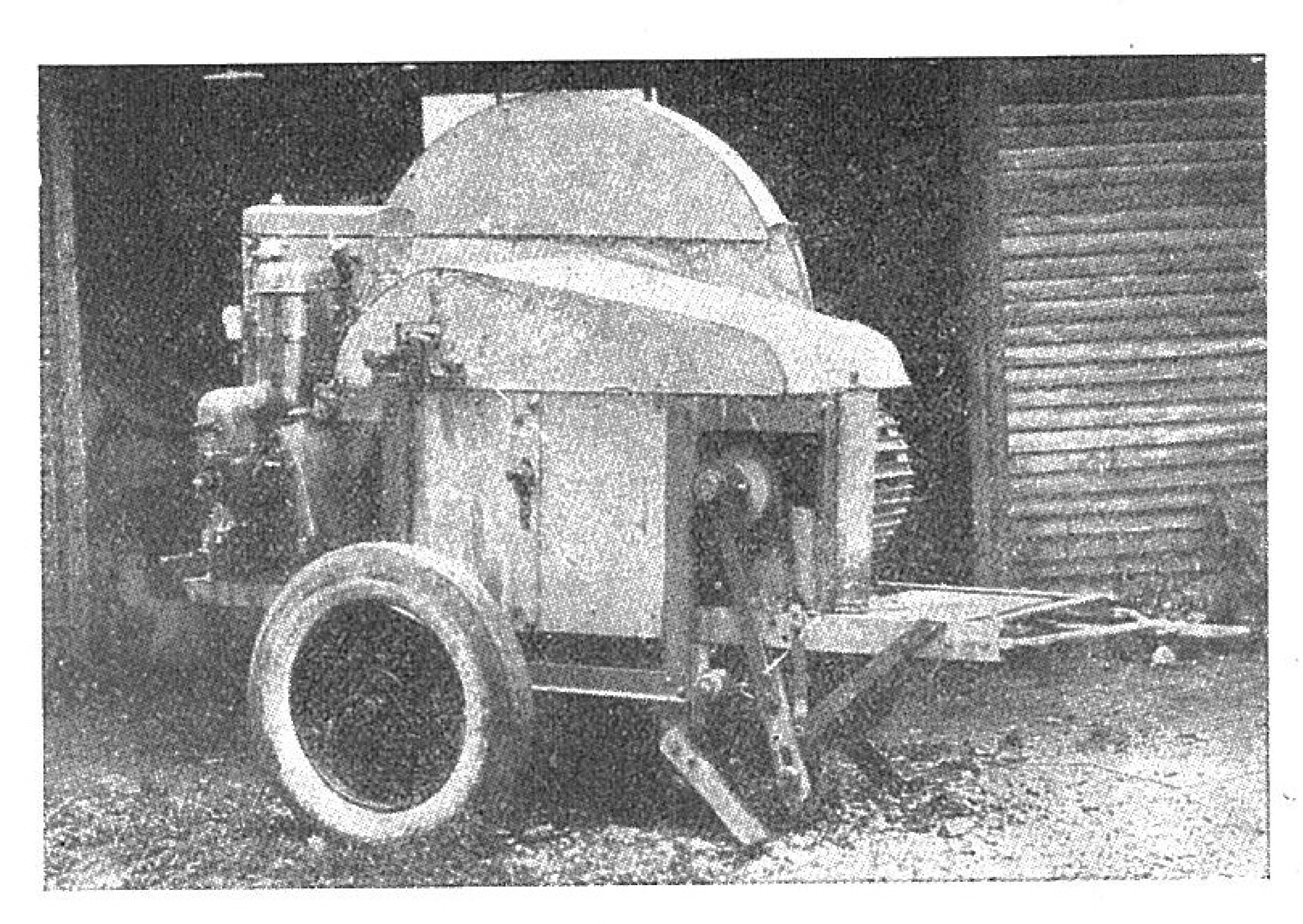
Il faut distinguer, en ce qui concerne les bois utilisés dans l'alimentation des gazogènes, trois aspects de la densité :

QUELQUES MACHINES A DEBITER LE BOIS

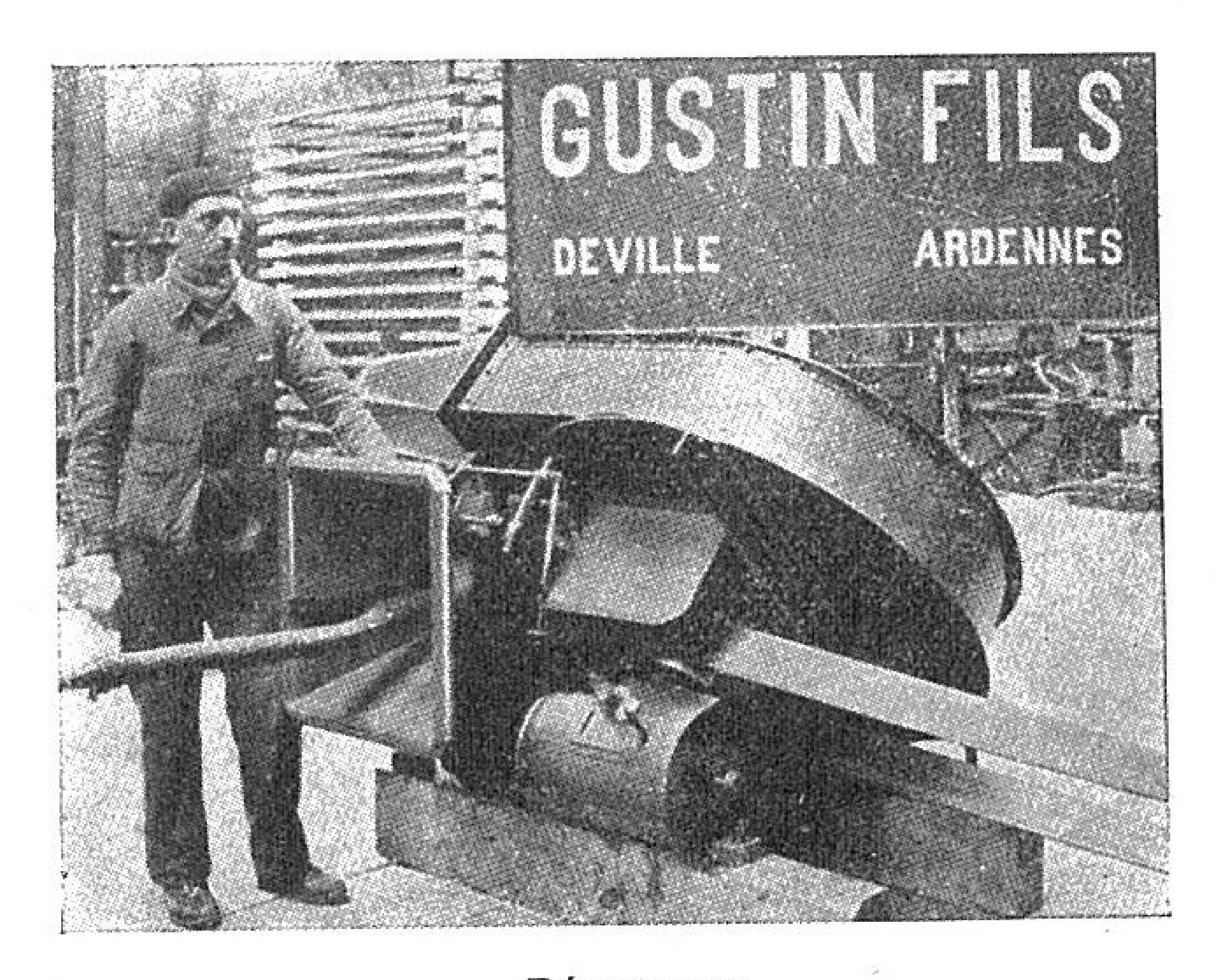




Scie.



Super-découpeuse J. D.



Découpeuse



Serpe hélice

a) Tous les bois *desséchés* et *réduits en poudre fine* sont plus lourds que l'eau. Leur densité moyenne est alors de 1,50 (sensiblement la même, quelle que soit l'espèce). Elle peut être considérée comme la *densité réelle.*

b) En raison des cavités, de l'air et des gaz qu'ils contiennent, les bois sont pratiquement plus légers que l'eau : leur *densité pratique* est donc leur *densité apparente.*

Cette densité apparente varie avec les conditions de végétation, la région dans laquelle l'arbre s'est développé, la nature du sol, l'âge, la présence ou l'absence de sève, la proportion d'eau.

Par exemple, à l'état vert, le poids du mètre cube réel, c'est-à-dire sans vide, ou poids spécifique du sapin, peut varier de 700 kg. à 1.000 kg., celui du hêtre de 800kg. à 1.100 kg., celui du peuplier, de 700 kg. à 900 kg.

A l'état sec, c'est-à-dire avec 15 0/0 d'humidité, ces poids varient :

Pour le sapin, de 400 à 600 kg. ;

Pour le hêtre, de 650 à 850 kg. ;

Pour le peuplier, de 350 à 600 kg.

Ces déterminations de poids spécifiques s'effectuent par pesée d'éprouvettes et par mesure de leur volume au moyen d'un appareil spécialement étudié à cette fin et qu'on appelle voluménomètre à mercure.

c) Dans un gazogène, on remplit la trémie de morceaux de bois dont les dimensions sont indiquées plus haut. Le rayon d'action du véhicule sera fonction du poids du combustible versé dans la trémie.

Il importe donc de connaître ce poids pour un bois déterminé.

Nous appellerons *densité de chargement* le poids de bois carburant convenablement débité que l'on peut verser et tasser dans une trémie de 1 mètre cube. Suivant la grosseur des morceaux, suivant l'essence et l'humidité du bois, la densité de chargement varie entre 280 et 350 kg. par mètre cube.

2° *Pouvoirs calorifiques :*

a) Du bois, suivant l'humidité .	3.000 à 3.500 cal. kg. : kg.
b) Du gaz de bois (1)	1.200 à 1.300 cal. kg. : m³
c) Du mélange air-gaz de bois (1)	550 à 600 cal. kg. : m³

(1) Nous rappellerons : 1° que le pouvoir calorifique d'un gaz s'entend pour 1 mètre cube de gaz mesuré à 0° sous la pression atmosphérique ; 2° que le pouvoir calorifique du mélange air-vapeur d'essence est 850 cal. kg. : m3.

3° *Consommation d'un moteur* : environ 1 kg. : CV-H de bois à 20 0/0 d'eau.

En ce qui concerne les véhicules, la consommation dépend non seulement du bois, mais aussi de la vitesse et de la forme de la voiture, de la vitesse du vent et de sa direction. Le conducteur a aussi une influence qui peut être sensible. Voici quelques exemples :

Un camion pesant 8 t. 5 dépense 80 kg. de bois aux 100 km., à la vitesse de 50 km. à l'heure.

Un autobus (23 places assises) consomme 100 kg. de bois aux 100 km.

Une voiture de tourisme 19 CV, 4 places, consomme 30 à 35 kg. de bois de pin maritime aux 100 km., à la vitesse moyenne de 60 km.-h.

Les nombres donnés dans ce paragraphe n'ont rien d'absolu; ce sont des valeurs moyennes, mais ils permettent de dire que :

2 KG. 600 A 2 KG. 800 DE BOIS, SOIT ENVIRON 9 DM³ OU 9 L., PEUVENT REMPLACER 1 LITRE D'ESSENCE

Dans ces conditions, une propriété exploitée tous les vingt-cinq ans (1/25 de la surface mis en coupe chaque année), peut produire annuellement un tonnage de bois équivalent à 200-220 litres d'essence par are.

29. CENDRES. ECORÇAGE. — Les bois doivent laisser très peu de cendres. L'écorce des arbres poussant dans des terrains sablonneux ou exposés au vent est susceptible de contenir de la silice; cette silice fond à la haute température du foyer et il se forme des galettes de mâchefers qui gênent le passage du gaz.

Il est recommandé d'écorcer les bois avant débit, mais l'opération est coûteuse.

B. — LE CHARBON DE BOIS

Le charbon de bois peut être obtenu par divers procédés :

30. PROCÉDÉ DES MEULES FORESTIÈRES. — Le dressage est différent selon le type de meules, la capacité et selon que l'allumage se fait par la partie supérieure ou par la partie inférieure. Il est courant d'utiliser la méthode suivante :

Le bois est coupé en tronçons de 66 à 70 cm. (charbonnette). Le charbonnier construit d'abord une sorte de cheminée triangulaire ou carrée, puis, tout autour, il dispose le

bois dressé à peu près verticalement sur deux ou trois couches superposées. Quand la meule est suffisamment volumineuse, il couvre le tout de mousse, de feuilles, puis de terre battue et ménage quelques orifices d'entrée d'air à la base de l'édifice. La meule est allumée à l'aide de brandons versés dans la cheminée; une fumée abondante, d'abord rendue blanche par la présence de vapeur d'eau, puis jaunâtre et fuligineuse par la distillation des goudrons, sort de la cheminée ; quand elle s'éclaircit, devient bleutée, le charbonnier obture la cheminée, ouvre des évents un peu plus bas, pour les reboucher quand, de nouveau, la fumée est claire et en pratiquer d'autres en descendant, et ainsi de suite. La carbonisation dure de vingt-quatre à trente-six heures, quelquefois plusieurs jours, suivant la grosseur de la meule et la nature du bois, après quoi on laisse refroidir pendant un temps suffisant, en bouchant tous les orifices. Enfin, on démolit la meule et on trie le charbon pour éliminer les parties terreuses, les pierres et les fumerons.

Cette fabrication demande beaucoup d'expérience et d'attention du charbonnier, qui doit tenir compte de la nature du bois, du vent, de la température, de l'aspect des fumées, du temps sec ou humide, de l'irrégularité du tassement, etc.

31. PROCÉDÉ DES FOURS MÉTALLIQUES DÉMONTABLES. — Dans ce procédé, on construit la meule comme précédemment, mais la couverture de mousse et de terre est remplacée par une enveloppe métallique en plusieurs parties qui s'assemblent très rapidement. Ce procédé permet d'obtenir un charbon plus pur, plus homogène, car la cuisson est plus régulière, et demande moins de surveillance.

Le charbon « GEKA » est obtenu à l'aide d'un four démontable dans lequel on carbonise, sans les débiter, les vieilles traverses de chemin de fer (1).

De nombreuses mesures effectuées avant et après carbonisation permettent de dire que l'on peut obtenir de 150 à 250 kg. de charbon par tonne de bois ou 60 à 85 kg. par stère.

32. DISTILLATION DU BOIS. — Dans les procédés précédents, les fumées emportent des produits de haute valeur : la distillation du bois consiste à condenser ces fumées. Par

---

(1) L'idée de carboniser les vieilles traverses de chemin de fer est heureuse, car on doit, en France, remplacer chaque année 5 à 6 millions de traverses.

un traitement approprié du distillat, on peut obtenir des produits qui trouvent leur emploi dans diverses industries et en pharmacie.

Le bois est préalablement coupé et séché à l'air; quelque temps avant l'emploi, on charge la charbonnette sur des wagonnets qui séjournent dans un tunnel parcouru par de l'air chaud, afin d'obtenir un séchage plus poussé. Les chargements sont ensuite introduits dans des cornues (fig. 5) que l'on chauffe : le bois distille, les produits de distillation passent dans un condenseur refroidi par de l'eau courante froide, constitué par des tubes horizontaux de gros diamètres pour la commodité des visites et du nettoyage. Les produits con-

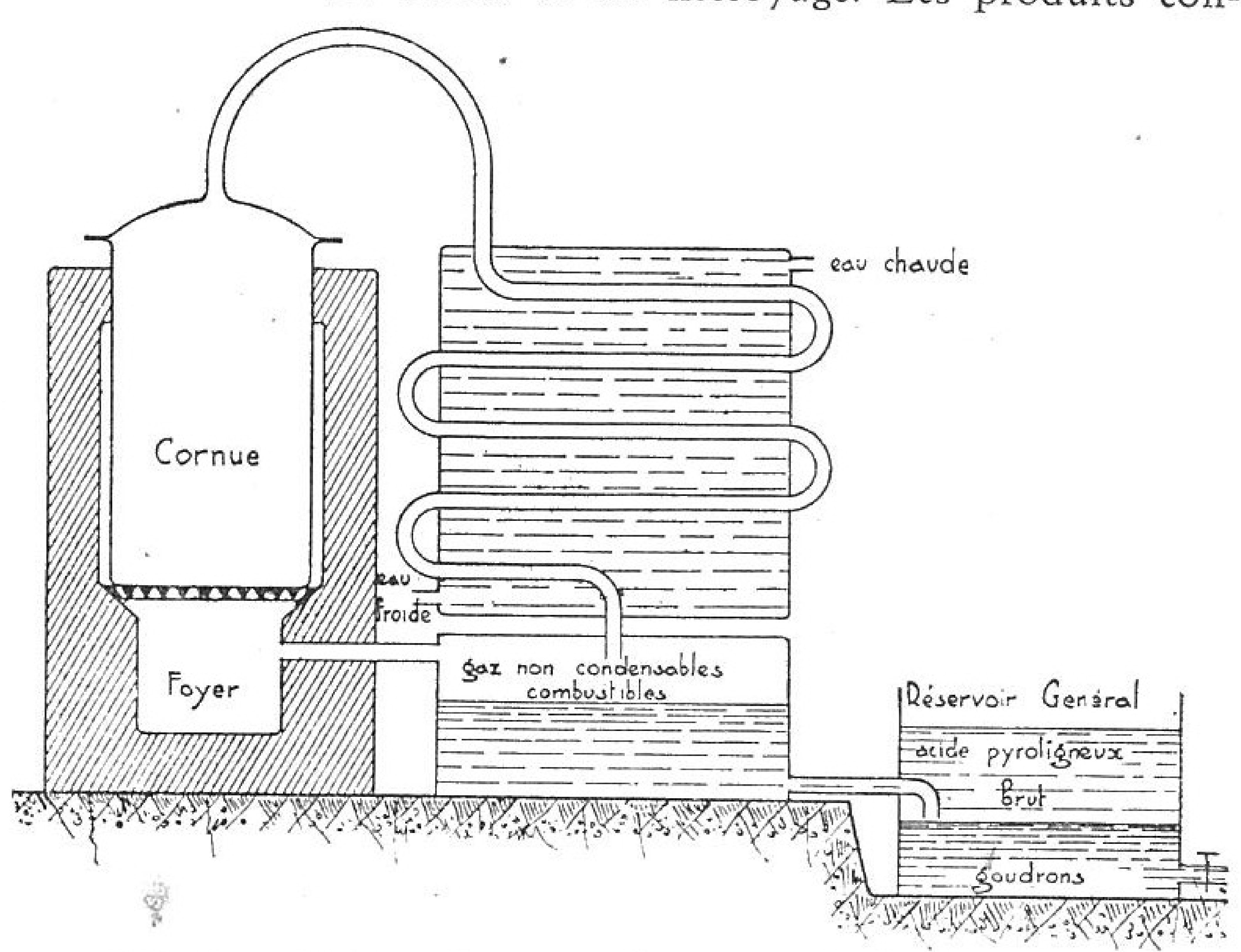


FIG. 5. — Schéma d'un appareil pour la distillation du bois.

densés se réunissent dans une cuve sous forme d'un jus noir appelé « *pyroligneux brut* » tandis que les gaz non condensés sont envoyés au foyer de la cornue où ils brûlent. Des jus pyroligneux, on peut retirer de l'acide acétique, de l'alcool, de la créosote, du goudron de bois et bien d'autres produits qu'il n'y a pas lieu d'énumérer ici.

Le bois étant, nous l'avons vu, une matière première de composition extrêmement variable et de propriétés irrégulières, les rendements en produits de distillation sont eux-mêmes différents et les indications que l'on trouve à ce sujet n'ont

qu'une valeur très relative, notamment si la teneur en eau n'est pas simultanément indiquée.

Les rendements diffèrent encore sensiblement suivant l'allure de la distillation et sa rapidité.

33. PRÉPARATION ET STOCKAGE DU CHARBON DE BOIS. — Le charbon est trié (on enlève les pierres, les incuits, les amas terreux), puis concassé et dépoussiéré par criblage. Ces deux dernières opérations conduisent à un résultat intéressant : le charbon fourni par l'écorce est très friable et est éliminé; comme c'est surtout l'écorce qui contient les matières inertes, il y aura d'autant moins de cendres et de mâchefers, dans le foyer du gazogène, que le concassage et le dépoussiérage auront été mieux conduits. Pour les raisons déjà indiquées pour le bois (éviter les voûtes et le tassement du combustible, voir § 27, p. 33), il faut suivre strictement les prescriptions des constructeurs.

Les bois durs donnent des charbons durs, les bois tendres et les résineux, donnent des charbons tendres, donc un peu plus friables et plus légers et, par conséquent, un peu plus encombrants.

Le charbon de bois est livré en sacs de papier fort de 10 à 12 kg.

Comme le charbon de bois peut absorber une proportion notable de son poids d'eau, il importe de stocker les sacs dans des endroits secs. On utilise cependant couramment des charbons contenant 7 à 8 0/0 d'eau; cette eau passant, sous forme de vapeur, sur les charbons rouges, est décomposée (Voir § 10) et le gaz s'enrichit d'hydrogène et d'oxyde de carbone sans apport d'azote, puisque l'air n'intervient pas.

La section des sacs de 10 kg. se rapproche d'un carré de 30 cm. de côté. Leur longueur est d'environ 70 cm. Pour stocker une tonne de charbon en sacs, on peut donc compter comme nécessaire une surface couverte de 4 m. 80 $\times$ 0 m. 70, les sacs étant empilés sur environ 1 m. 80 de haut.

34. NORMES COMMERCIALES DU CHARBON DE BOIS POUR GAZOGÈNES. — Les conditions de bonne utilisation auxquelles doivent satisfaire les charbons de bois pour gazogènes peuvent être ainsi résumées :

ASPECT. — Le charbon bien cuit a une cassure nette, d'un beau noir brillant, parfois un peu bleuté, sur laquelle les canaux du bois apparaissent parfaitement ; il rend un son clair quand on le heurte sur un corps dur.

HUMIDITÉ. — Le charbon doit être sec : le charbon humide perd sa sonorité, sa cassure est d'un noir mat.

L'humidité constatée dans certains charbons du commerce atteint parfois 10 0/0. Ce taux est un peu élevé; en pratique courante, il ne doit pas dépasser 8 0/0. Pour avoir une indication très sommaire sur la teneur en eau d'un charbon, on peut procéder de la manière suivante : peser 1.000 grammes de l'échantillon à examiner et les placer dans le four bien chauffé d'une cuisinière. Aù bout d'une heure, par exemple, peser à nouveau. La différence de poids constatée représente, d'une manière approximative, la quantité d'eau disparue par évaporation et permet d'en déterminer le pourcentage.

CENDRES. — La proportion de cendres peut être limitée à 5 0/0 (cela ne veut pas dire qu'un charbon contenant un pourcentage plus élevé de matières cendreuses soit inutilisable, mais seulement qu'il entraînera au nettoyage plus fréquent des appareils et qu'il fera baisser le rendement de l'installation après un certain temps de marche).

On peut déterminer approximativement la proportion de cendres contenues dans un charbon en chauffant dans un plat de fer, 1.000 grammes de ce charbon sec, de manière à en provoquer l'allumage et la combustion complète. On pèse ensuite les cendres résultant de cette combustion, et le poids obtenu rapporté au poids initial fournit l'indication cherchée.

Pour obtenir une indication plus exacte, il faut avoir recours à des méthodes de laboratoire et définir les conditions de l'incinération. Les cendres peuvent, en effet, contenir des carbonates qui se dissocient lorsque la température est assez élevée.

La composition centésimale des cendres de charbon de bois est très variable. Il résulte des expériences effectuées par le Comité Central de Culture Mécanique que certaines de ces cendres contiennent, en effet, jusqu'à 80 0/0 de silice, alors que d'autres en contiennent moins de 2 0/0. En revanche, celles qui sont pauvres en silice sont, en général, très calcaires, leur teneur en chaux dépassant 60 0/0. C'est dans cette dernière catégorie que l'on rencontre surtout des cendres infusibles au-dessous de 1.500 à 1.600°, se présentant comme de véritables poussières. On conçoit que ces divergences de composition soient de nature à influer sur la tenue des combustibles dans les foyers des gazogènes. Les éléments qui entrent dans la composition des cendres sont : la silice, l'oxyde de fer, l'alumine, la chaux et la magnésie.

RÉSISTANCE MÉCANIQUE. POUSSIER. — La résistance du charbon doit être aussi grande que possible pour éviter la formation du poussier. (On a envisagé de l'évaluer en mesurant la charge d'écrasement suivant la direction des rayons médullaires.) Le poussier ayant les chocs et les frottements pour origine, on évitera de faire subir aux sacs toute manipulation inutile.

CORPS ÉTRANGERS. — Les corps étrangers doivent être éliminés lors du concassage et du criblage. Les résidus de terre, pierre, sable, doivent être également écartés avec soin.

FUMERONS. — Le charbon ne doit pas en contenir : dans un gazogène à charbon de bois les fumerons distilleraient et les toiles des filtres seraient rapidement colmatées.

DENSITÉ DE CHARGEMENT. — Pour les gazogènes destinés à être adaptés à des véhicules, il est intéressant d'obtenir un rayon d'action aussi grand que possible. La quantité de combustible brûlé au CV-H étant déterminée et le volume de la trémie ne pouvant être augmenté sans inconvénient, il y a intérêt à utiliser des combustibles dont le poids soit élevé par unité de volume apparent. Le Comité Central de culture mécanique a proposé de fixer à 200 kg. au mètre cube de trémie, le minimum de densité des *charbons marchands* destinés à être utilisés loin des lieux de production. En outre, il recommande la vente du charbon au poids et non au volume, sous réserve que la teneur en eau ne dépasse pas 8 0/0.

La densité de chargement sera d'autant plus élevée que la densité propre des grains sera, elle-même, plus grande.

Valeur moyenne de la densité de chargement de quelques combustibles courants :

Charbon de bois	200 à 280 kg./m3
Comprimés de charbon de bois	500 à 800 kg./m3
Semi-cokes minéraux	400 à 500 kg./m3
Anthracite environ	800 kg./m3
Mélanges	400 à 600 kg./m3

Pour une qualité de charbon donnée, le concassage permet de faire varier la densité de chargement, cependant un fractionnement trop poussé conduit à une perte assez élevée au concassage.

CALIBRAGE. — Pour les gazogènes transportables, deux calibres peuvent suffire : l'un pour les gazogènes à tuyère, l'autre pour les gazogènes à entrée d'air périphérique (Panhard). Le premier de ces mélanges (Gohin) contiendra

des grains mesurant de 8 à 30 m/m, le second (Panhard), des grains mesurant de 25 à 70 m/m.

On peut remarquer que la valeur réelle d'un carburant pour gazogènes est déterminée par des mesures complémentaires qui ont été à dessein séparées des précédentes, parce qu'elles ne sont pas immédiatement indispensables et parce qu'elles exigent, pour être tout à fait exactes, l'intervention du laboratoire et de spécialistes exercés.

C'est ainsi qu'il sera intéressant d'avoir des indicatons sur les propriétés suivantes :

L'*inflammabilité,* qui est déterminée par la température à laquelle un combustible chauffé progressivement s'enflamme. Elle est susceptible de caractériser la plus ou moins grande vivacité des reprises et la rapidité des départs.

La *combustibilité,* qui correspond à la faculté du charbon de brûler plus ou moins rapidement.

La *réactivité,* qui est l'aptitude du combustible à assurer correctement la transformation du gaz carbonique en oxyde de carbone et la dissociation de la vapeur d'eau.

On peut, par exemple, l'apprécier en faisant passer du gaz carbonique dans un tube réfractaire contenant du charbon granulé et en mesurant le volume de l'oxyde de carbone formé à 1.000° durant quinze minutes, dans les produits recueillis à la sortie du tube.

A ces caractéristiques des combustibles forestiers, on peut encore ajouter :

La *porosité* exprimée par le poids de vapeur d'eau fixée sur une quantité connue de combustible dans des conditions bien déterminées.

La *composition chimique,* enfin, qui est de nature à compléter utilement les précédentes déterminations.

35. QUELQUES PROPRIÉTÉS DU CHARBON DE BOIS. — 1 m3 de charbon de bois pèse de 175 à 280 kg. Cette densité de chargement dépend de la grosseur des morceaux, du mode de fabrication, de l'humidité, de la nature du bois.

Pouvoir calorifique du charbon de bois : 7.500 à 8.000 cal. kg. : kg.

Pouvoir calorifique du gaz de charbon de bois : environ 1.100 à 1.200 cal. kg. : m3.

Pouvoir calorifique du mélange air-gaz : 550 à 590 cal. kg. : m3.

Consommation : 500 gr. en moyenne par CV-H.

Exemples de consommation :

Un camion 10 t., 23 CV consomme en moyenne 45 kg. de charbon aux 100 km.

Une voiture de tourisme 13 CV, 4 places consomme environ 18 à 20 kg. aux 100 km. Son rayon d'action peut atteindre 250 km.

Un autobus de 23 places assises consomme de 45 à 50 kg. aux 100 km.

De multiples essais ont permis d'établir que (1) :

1 KG. 200 A 1 KG. 500 DE CHARBON DE BOIS, SOIT 6 DM3 OU 6 L., PEUVENT REMPLACER 1 L. D'ESSENCE.

36. COMPARAISON DU BOIS ET DU CHARBON DE BOIS. . .

a) Le bois n'est pas fragile et sa manutention est propre; le charbon est friable, sale, mais la présentation en sacs de papier, une manutention faite avec soin, atténuent ces inconvénients.

b) Le charbon de bois ne distille pas dans le gazogène, tandis que, pour le bois, tout se passe comme dans une cornue (Voir § 32, p. 37) et des précautions doivent être prises pour éliminer les acides et les goudrons (Vor § 43, p. 53).

c) L'emploi du bois permet d'éviter les frais de carbonisation et la perte de calories entraînée par cette opération ainsi que le concassage, générateur de poussière; par contre, il nécessite une opération de débitage dont il faut tenir compte dans les calculs de prix de revient.

d) Le bois contient beaucoup d'eau et toute la vapeur d'eau n'est pas décomposée; il en résulte :

1° Que le gaz de bois doit être séché ;

2° Que les rechargements doivent être fréquents pour que la qualité du gaz ne varie pas (Voir § 74, p. 75) ;

3° Que pendant les arrêts et les ralentis prolongés (longues descentes), l'eau continue à s'évaporer et que la vapeur doit traverser un foyer moins actif, de sorte qu'au moment de la reprise, le moteur reçoit du gaz humide.

(1) Les chiffres ci-dessus, donnés à titre indicatif, n'ont rien d'absolu ; ils dépendent de l'adaptation qui a été faite du moteur et de la manière dont est conduit le véhicule. On a pu, dans certains cas, vérifier l'équivalence 1 l. d'essence = 1 kg. de charbon de bois.

e) Pour produire le même travail, il sera nécessaire d'utiliser un poids deux fois plus grand de bois que de charbon, d'où découle un accroissement sensible de la charge de carburant transportée.

f) Pour la même raison, les frais de transport du lieu d'abattage au point d'utilisation seront plus élevés pour le bois que pour le charbon.

g) Le nettoyage d'appareils à charbon est plus simple, plus rapide, plus propre, moins fréquent que celui des appareils à bois.

La durée de ces appareils est plus longue.

h) Le charbon est très hygroscopique et sa conservation est difficile.

De nombreux véhicules marchent au bois, à la grande satisfaction des usagers, il semble cependant préférable de réserver ce combustible à des installations fixes ou à des véhicules s'éloignant peu du garage, dans les fermes ou dans les entreprises, telle que des scieries ou menuiseries, qui disposent gratuitement de déchets de fabrication.

Le gazogène à bois doit trouver un large débouché dans les applications rurales, notamment pour l'équipement des camions s'éloignant peu de l'exploitation et des tracteurs agricoles. Le gazogène à bois sera donc plus spécifiquement le gazogène agricole.

C. — CHARBON ROUX — AGGLOMERES

Le souci d'éliminer certains des inconvénients du bois et du charbon de bois a orienté les recherches vers deux solutions différentes.

37. CHARBON ROUX OU BOIS TORRÉFIÉ. — M. le professeur DUPONT l'obtient en ne poussant pas à fond la carbonisation.

Il fabrique ainsi un produit appelé *charbon roux* ou *bois torréfié*, qui n'est plus tout à fait du bois proprement dit (donc ne contient pas d'eau et distille peu) et n'est pas encore du charbon (donc n'est pas friable et n'absorbe pas l'eau). Le bois est torréfié entre 100 et 290°, mais c'est vers 275°-290° que les produits obtenus paraissent être les plus satisfaisants; vers ces températures, ils possèdent, en effet, un pouvoir calorifique supérieur à celui des bois cuits à plus basse température.

Le pouvoir calorifique du charbon roux est de 5.700 à 6.800 cal. kg. : kg., suivant la température de cuisson.

38. AGGLOMÉRÉS. — Il en existe plusieurs types de formes et de compositions différentes, suivant le procédé de fabrication dont ils dérivent.

Certaines usines proposent des agglomérés constitués par des mélanges de charbon de bois et de charbon minéral qui ont l'avantage de n'exiger qu'une faible proportion de liant.

Les agglomérés de charbon de bois pur, dont la réactivité est meilleure sont moins aisés à obtenir, notamment en raison de la difficulté que l'on éprouve à associer une très forte compression avec un débit suffisant des presses.

Ces dernières sont le plus souvent des roues à empreintes (Sahut Conreur) avec lesquelles on obtient des boulets-type « CARBONITE-ÉTAT » (HENNEBUTE) ou des machines a moule ouvert (Boulet et Cie) dans lesquelles on peut réaliser une compression sensiblement plus élevée (procédé DEFRENE).

Les machines à moule ouvert présentent en outre l'avantage de fonctionner avec des mélanges froids.

Voici, sommairement, la suite des opérations de la fabrication des agglomérés : le charbon de bois est pulvérisé, puis mélangé avec un liant (goudron, brai, etc.), et la pâte est formée en boulets à l'aide d'une presse; les boulets sont enfin recuits à l'abri de l'air.

Un aggloméré de bonne fabrication n'absorbe pas l'eau ; il peut être manipulé sans trop de précautions. A la combustion, chaque boulet s'amenuise en conservant sa forme et les voûtes ne sont pas à craindre. Les boulets donnent peu de poussière, ils n'absorbent pas l'eau : on peut éteindre les boulets incandescents dans l'eau et s'en resservir peu de temps après.

En raison de leur grande densité les agglomérés donnent au véhicule, à volume de trémie égal, un rayon d'action beaucoup plus étendu.

D. — COMBUSTIBLES D'ORIGINE MINERALE AUTRES CARBURANTS DE REMPLACEMENT

39. On appelle carburants de remplacement les combustibles susceptibles d'être substitués à l'essence minérale pour l'alimentation des moteurs à explosion.

Citons comme carburants de remplacement, le benzol, l'essence de synthèse, qu'on peut tirer de la houille et des schistes bitumineux, les gaz que l'on peut extraire de la houille ou des

végétaux et l'alcool provenant du traitement de produits agricoles ou forestiers. L'électricité est également une force motrice d'origine nationale, mais son emploi exige le remplacement des moteurs thermiques par des moteurs électriques, ce qui n'est pas sans soulever des questions d'ordre industriel peu faciles à résoudre. L'étude de la valeur respective de ces différents carburants et de leurs possibilités d'avenir ne saurait être envisagée dans le cadre de cet ouvrage (1), nous nous contenterons de comparer les combustibles minéraux et végétaux qui peuvent être transformés en combustibles gazeux dans un gazogène. Nous avons d'ailleurs déjà montré (Voir § 23, p. 37) l'intérêt propre aux carburants forestiers.

Les combustibles d'origine minérale, notamment l'anthracite, sont, dans de nombreux cas, utilisés pour l'alimentation des gazogènes.

Voici, d'après M. le professeur LEBEAU, les principales caractéristiques de quelques-uns de ces combustibles :

	Grains de Vicogne	Gazorex de la Grand'Combe	SEMI-COKES	
			Carbolux	Grésillon de Nœux
Densité de chargement	0,777	0,77	0,502	0,67
Humidité (100-105°)	1,3	0,35	3,28	1,15
Matières volatiles	7,95	7,5	14	8,15
Carbone	86,04	89,37	80,15	85,75
Cendres % sur 5 gr.	9,65	4,1	8,80	7,5
Point d'inflammabilité	455° à 510°	525-530°	490-495°	520-525°
Point de fusion des cendres	1400° à 1500°	—	1200°	1280°
Pouvoir calorique supr	7750	—	7056	7.450

Aux essais, les charbons minéraux n'ont pas donné des puissances égales à celles développées par les charbons de bois. La diminution constatée pour les anthracites a dépassé 10 0/0; certains semi-cokes n'ont pu fonctionner dans des foyers à section étroite. En revanche, les mélanges anthracite-charbon de bois ou semi-coke-charbon de bois ont permis d'atteindre et de maintenir la puissance maximum.

Les variations de puissance constatées au cours des essais sont, en grande partie, imputables à l'accumulation de mâchefer et des cendres, cependant cet inconvénient est moins sensible dans les gazogènes à grille verticale.

(1) Consulter à ce sujet : *Le déclin du pétrole et l'avènement des nouveaux carburants*, par Pierre QUEUILLE. Librairie du *Recueil* SIREY, éditeur, 25, rue Soufflot, Paris.

Les mélanges que l'on trouve dans le commerce sont variables; leur teneur en charbon de bois varie de 20 à 45 0/0 en poids. Cette teneur détermine leur densité de chargement qui est, en moyenne, de 0,500, propre à assurer un rayon d'action étendu.

En résumé, les combustibles d'origine minérale et notamment l'anthracite, ont un pouvoir calorifique élevé et une forte densité : ils sont donc moins encombrants que le bois et que le charbon de bois, mais ils sont cendreux ou forment des mâchefers gênants, difficiles à extraire et les filtres s'encrassent rapidement. De plus, ils contiennent souvent du soufre et des impuretés diverses. Seules, quelques sortes d'anthracite se prêtent à l'alimentation des gazogènes.

On a vérifié, enfin, que le charbon de bois était plus inflammable, plus combustible, plus *réactif* que les combustibles minéraux.

La comparaison des résultats obtenus a permis de constater que les carburants forestiers constituaient la plus sûre et la meilleure réserve de carburants de complément qui pouvaient être mis, à l'heure actuelle, à la disposition des usagers.

CHAPITRE III

Généralités sur les Gazogènes

---

40. ELÉMENTS DE L'INSTALLATION. — Une installation de force motrice à gazogène comprend (fig. 6) :

A. Le générateur de gaz.
B. Le refroidisseur.
C. Les épurateurs.
D. Le mélangeur, qui peut comprendre un carburateur auxiliaire.
E. Le ventilateur-aspirateur d'allumage.
F. Le moteur; son étude fera l'objet d'un chapitre spécial.

A. — LE GENERATEUR

41. LE GÉNÉRATEUR reçoit, dans une trémie, le combustible, bois, charbon de bois ou agglomérés et le transforme en gaz, dans le foyer. Ce gaz est formé principalement d'oxyde de carbone, d'hydrogène d'azote Son pouvoir calorifique varie de 1.200 à 1.350 cal. kg. : m3 pour le gaz de bois et de 1.150 à 1.250 cal. kg. : m3 pour le gaz de charbon de bois.

Dans un gazogène à bois (Imbert-Berliet, Imbert-Renault, Brandt, etc.), le bois subit les mêmes transformations que dans une cornue de distillation (Voir § 32, p. 37 : il sèche, puis distille des produits acides et goudronneux (nous appellerons *pyroligneux* l'ensemble de ces produits). Il faut que la vapeur d'eau et les pyroligneux soient réduits, au moins pour une forte proportion dans le foyer car leur introduction en grande quantité dans les épurateurs rendrait le filtrage défectueux et le moteur pourrait être détérioré : attaque du métal, usure rapide, encrassement des soupapes, des bougies. Leur décomposition enrichit d'ailleurs le gaz : le gaz de bois

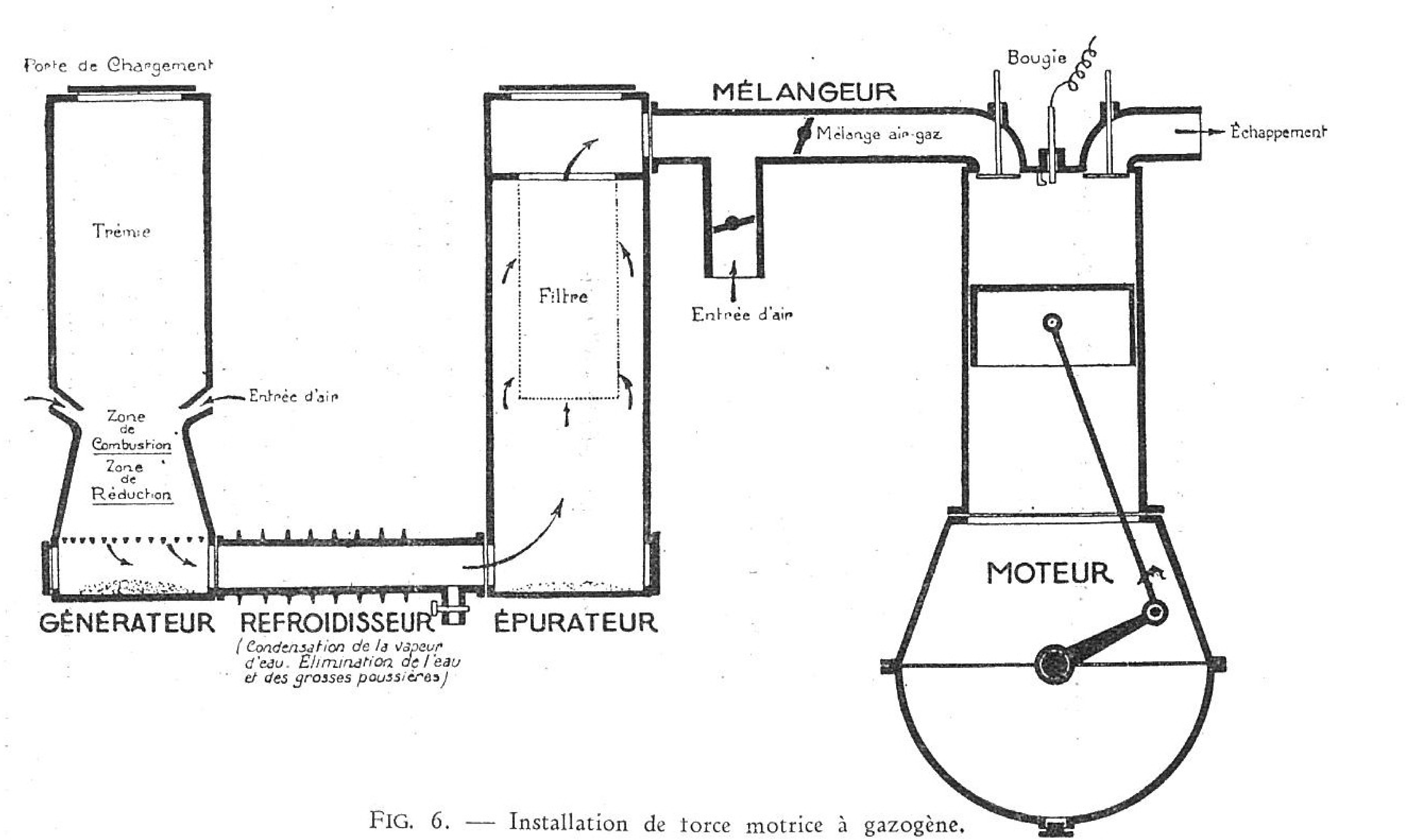


FIG. 6. — Installation de force motrice à gazogène.

contient, en effet, une forte proportion d'hydrogène formé sans introduction d'azote et cela explique qu'il soit plus « riche » que le gaz de charbon de bois, car ce dernier, en principe, distille peu et ne contient qu'un faible pourcentage d'humidité.

42. TIRAGE DIRECT. — Dans un foyer domestique, dans un foyer de locomotive, le charbon est placé sur une grille et, au fur et à mesure de sa combustion, descend. Les cendres et déchets traversent la grille et tombent dans le cendrier, tandis que l'air pénètre au cendrier, traverse la grille et le foyer de bas en haut : gaz et combustible cheminent donc en sens inverse, on dit que le tirage est direct (fig. 7).

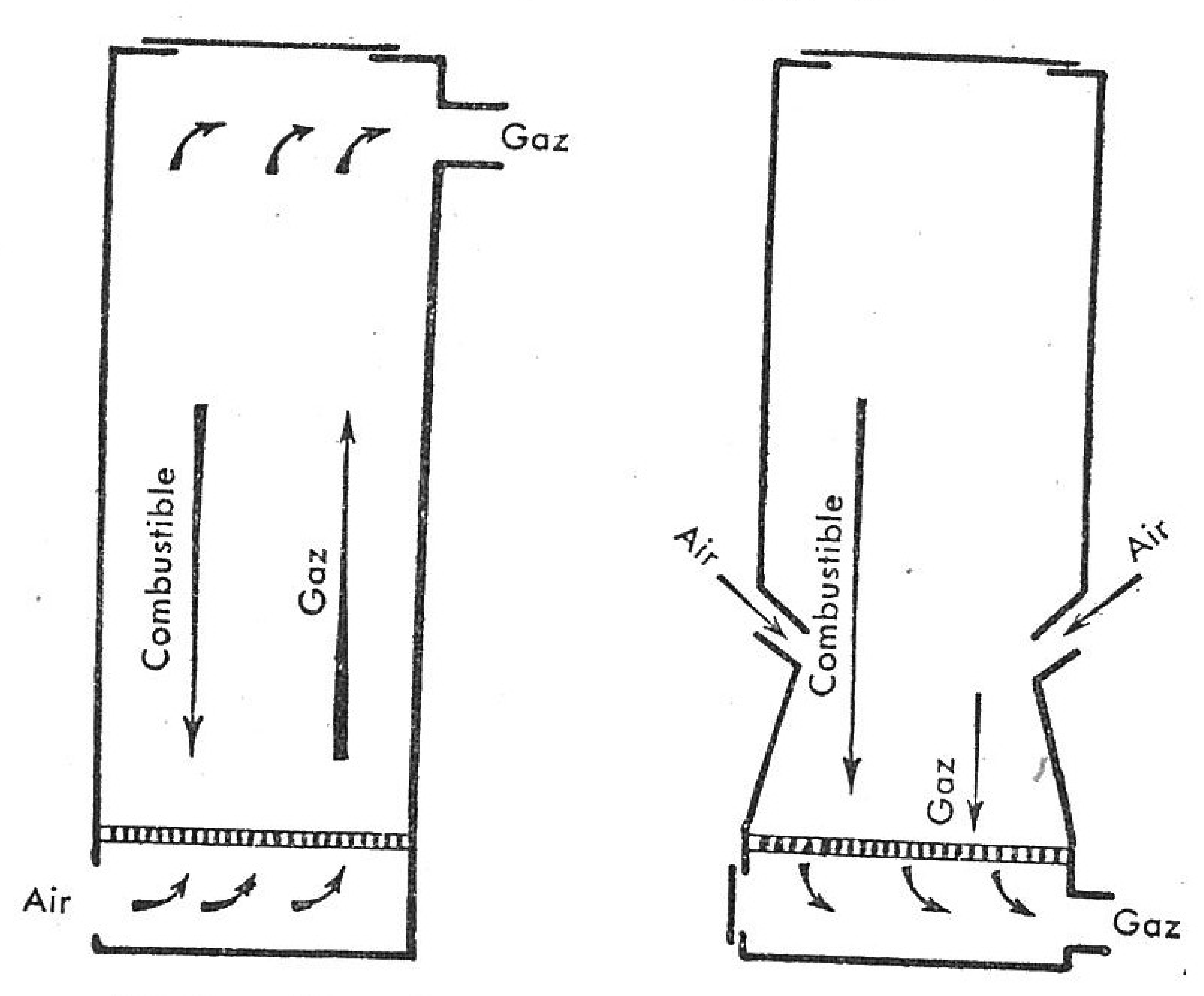


FIG. 7. — Tirage direct. FIG. 8. — Tirage inversé.

43. TIRAGE INVERSÉ. — Le tirage est dit inversé lorsque l'air arrive, comme le combustible, au-dessus de la grille : gaz et combustible circulent donc tous deux dans le même sens, vers le bas, *et les produits de distillation, ainsi que la vapeur d'eau, traversent toute la zone de charbons incandescents* (fig. 8).

Le tirage direct est applicable au charbon de bois (par exemple le gazogène MALBAY est à tirage direct), mais si le charbon est très humide, la vapeur d'eau peut amener des incidents de marche (Voir § 60, p. 65). Généralement, c'est le tirage inversé qui est employé; c'est d'ailleurs le seul qui soit possible avec le bois : la vapeur d'eau et les pyroligneux devant obligatoirement traverser le foyer de haut en bas pour y être dissociés ou réduits.

44. GAZOGÈNES A AIR PULSÉ, TIRAGE PAR ASPIRATION. — On peut, avec un ventilateur, souffler de l'air sur le foyer, mais ce dispositif crée dans les appareils une surpression, et si une soudure, un joint sont défectueux, le gaz s'échappe dans l'atmosphère : le tirage soufflé présente donc un risque qui oblige à une surveillance constante. Les gazogènes à air pulsé sont couramment utilisés dans les installations de chauffage et, d'une manière générale, chaque fois que l'on veut fabriquer du gaz destiné à d'autres usages que la production de force motrice. Dans ce dernier cas, il est inutile de s'astreindre à la servitude d'une soufflerie auxiliaire, puisque l'aspiration du moteur crée un appel d'air suffisant pour forcer le tirage. Le tirage par aspiration ne présente aucun danger : si un joint est mauvais, de l'air entre dans les appareils; sans doute, le gaz est appauvri et le moteur ne tire pas, mais tout danger d'intoxication ou d'explosion est écarté.

45. ACCÈS DE L'AIR AU FOYER (1) : ENTRÉE ANNULAIRE OU PÉRIPHÉRIQUE, ÉVENTS, ENTRÉE PAR TUYÈRE. — Pour que la température du foyer soit élevée, condition nécessaire à la formation de l'oxyde de carbone et à la réduction de la vapeur d'eau, l'air doit pénétrer au foyer avec une grande vitesse.

Dans le gazogène PANHARD et LEVASSOR, l'air pénètre par un espace annulaire ménagé entre la trémie et le foyer (Voir fig. 21, p. 80); il circule à l'intérieur et autour de celui-ci dans une double enveloppe de réchauffage avant d'être rabattu par une tôle conique appelée *déflecteur;* il est mis en vitesse par l'étranglement de la garniture réfractaire qui entoure la masse incandescente et protège les tôles. La forme

---

(1) Nous appellerons « air primaire » l'air admis au foyer par opposition à l'air secondaire admis au mélangeur (Voir §§ 53 et suivants).

de la garniture est choisie pour donner au gaz une vitesse variable suivant les régions du foyer qu'il traverse et pour laisser aux cendres une place suffisante.

Dans le gazogène IMBERT (BERLIET ou RENAULT, voir fig. 17, p. 64), l'entrée de l'air primaire se fait par de petits orifices ou *évents,* disposés à l'intérieur d'une couronne tubulaire qui communique avec l'extérieur. Ces évents très courts ne pénètrent pas dans le foyer, ils ne sont pas exposés à brûler, et aucune disposition n'est prévue pour les refroidir.

L'admission d'air par tuyères a pour objet de centrer le foyer dans la masse de combustible et, par conséquent, d'éloigner et d'isoler le feu des parois du génératur.

On conçoit que les tuyères sont portées, dans ces conditions, à une température telle que des précautions deviennent nécessaires pour éviter leur altération.

Les tuyères GOHIN-POULENC sont refroidies par une circulation d'eau dérivée du radiateur ou venant d'un petit réservoir auxiliaire. La tuyère SABATIER (fig. 9) est refroidie par l'air primaire qui parcourt trois fois la longueur de la

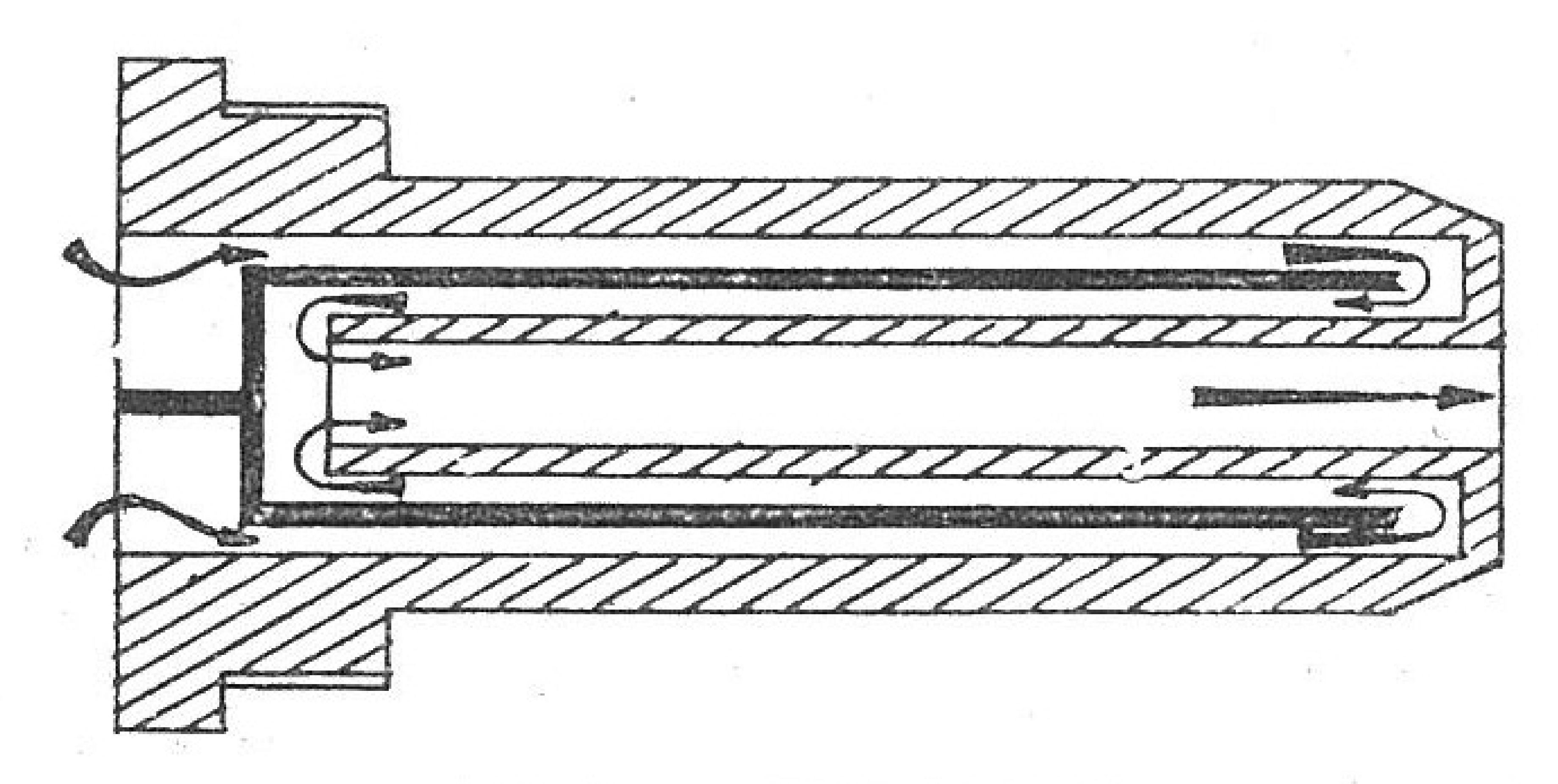


FIG. 9. — Tuyère Sabatier.

tuyère; la tuyère LIBAULT (Gazauto), en cuivre pur, est garnie intérieurement d'ailettes longitudinales qui augmentent la surface de contact de l'air et du métal; la tuyère CARBOGAZ est un cylindre de carborandum, matière très dure et résistant bien au feu.

Considérons deux moteurs identiques (même alésage, même course, même vitesse), développant la même puissance, mais alimentés l'un par un gazogène à tuyère, l'autre par un gazogène à admission d'air périphérique; ces deux appareils doi-

vent fournir la même quantité de gaz et recevoir la même quantité d'air. La vitesse de l'air dans la tuyère sera beaucoup plus grande que dans l'intervalle compris entre le déflecteur et la garniture réfractaire. Dans ce dernier cas, la vitesse réduite de l'air permet l'emploi d'un calibre de charbon assez gros, qui présente l'avantage de ne pas freiner le passage du gaz. Au contraire, dans un gazogène à tuyère, la grande vitesse de l'air nécessite un petit calibre, de façon à assurer une grande surface de contact entre le charbon et l'air, afin d'obtenir un gaz de bonne qualité.

Imaginons maintenant que l'on accélère le moteur : le gazogène doit recevoir plus d'air dont la vitesse de passage va augmenter, mais *l'écart* entre la nouvelle vitesse de l'air et l'ancienne est plus grand dans un gazogène à tuyère que dans l'autre ; il en résulte, dans le premier, un accroissement rapide du volume du foyer et de la température ; dans le second, la variation de la température sera moins sensible. La tuyère assure donc de meilleures reprises.

Par contre, la vitesse réduite de l'air dans un gazogène sans tuyère et l'importance de la masse de charbon incandescent donnent à la réduction de la vapeur d'eau, plus de temps pour s'effectuer : ce type de générateur supporte donc, mieux que le type à tuyère, l'humidité du charbon.

Enfin, la haute température du générateur à tuyère fait fondre les cendres, il se forme du mâchefer, tandis qu'il s'en forme peu dans un générateur à entrée d'air périphérique et le décrassage en est facilité.

46. RÉCHAUFFAGE DE L'AIR PRIMAIRE. — On peut remarquer que, dans presque tous les gazogènes, l'air circule autour du foyer ou dans les tuyères avant d'arriver sur les charbons : il refroidit ainsi les parois et, en même temps, s'échauffe, ce qui contribue à maintenir une température convenable du foyer.

47. GARNITURE RÉFRACTAIRE. — Le gazogène PANHARD et LEVASSOR est muni d'une garniture réfractaire : le foyer est, en effet, volumineux et les tôles ont besoin d'être protégées. Les gazogènes à tuyère n'ont pas, en général, de garniture réfractaire, car les tôles sont protégées par une couche de charbon non incandescent. Le gazogène à bois IMBERT (BERLIET ou RENAULT) n'a pas de garniture réfractaire car la réduction de la vapeur d'eau et des produits de distillation modère la température de la masse en ignition.

48. INJECTION D'EAU. — La décomposition de l'eau par des charbons incandescents donnant de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone (Voir § 10, p. 24), on a pensé qu'il était intéressant d'injecter de la vapeur d'eau dans les foyers des gazogènes à charbon de bois. En effet, l'oxyde de carbone et l'hydrogène ont, à volume égal, des pouvoirs calorifiques voisins (Voir § 8 et § 9) et comme l'eau est décomposée sans introduction d'air, donc d'azote inerte, le gaz obtenu, en amenant un peu d'eau dans le foyer, est plus riche (cette propriété est bien connue du forgeron qui mouille son charbon pour obtenir un meilleur feu) ; de plus, cette décomposition absorbe de la chaleur, les tôles sont moins exposées, et les gaz plus froids emportent moins de calories perdues puisqu'elles doivent être abandonnées avant l'entrée au moteur. Mais le réglage du débit de vapeur d'eau est difficile à réaliser; si le débit est trop parcimonieux, les tôles sont en danger et s'il est trop abondant, le foyer n'est pas assez ardent pour produire de l'oxyde de carbone, dont la concentration baisse dans le gaz produit.

En résumé, si l'injection d'eau paraît théoriquement avantageuse, encore faut-il considérer que le débit d'un gazogène, lié au régime du moteur, est de ce fait assez variable, et que, par conséquent, l'admission d'eau demande à être constamment réglée sous peine d'être plus nuisible qu'utile; les complications soulevées par cette servitude sont en pratique telles que, jusqu'à présent, les constructeurs en ont généralement délaissé le principe en ce qui concerne les appareils transportables.

Quelques constructeurs présentent cependant des solutions qui semblent intéressantes : Société C.G.B., Gazogène Berthaud, Gazogènes Ranjouan, Furet. Les gazogènes fixes sont fréquemment à injection d'eau : le moteur travaillant à puissance sensiblement constante, le réglage de l'injection ne présente aucune difficulté.

B. — LE REFROIDISSEUR

49. NÉCESSITÉ DE REFROIDIR LE GAZ. — Les pouvoirs calorifiques des gaz dont nous avons jusqu'ici fait état sont exprimés pour 1 m3 de gaz pris à 0° sous la pression atmosphérique. Or, les gaz qui sortent du gazogène sont à une température d'environ 400° et, par conséquent, très dilatés. Si le

moteur était alimenté avec de tels gaz, il aspirerait bien toujours la valeur de sa cylindrée, mais le contenu de celle-ci, ramené à 0°, occuperait un volume bien moindre. La masse agissante représenterait en définitive un nombre de calories peu élevé et le moteur ne pourrait donner la puissance que l'on peut attendre de ses dimensions.

Il est donc indispensable de refroidir le gaz, ce que l'on peut obtenir de deux façons :

1° Par détente (voir § 15, p. 26) : le gaz, pénétrant dans une chambre relativement grande, se détend et se refroidit (exemple : Gazogène Berliet) ;

2° Par contact : on divise le courant gazeux en le faisant passer dans un faisceau de tubes de quelques centimètres de diamètre (exemple : Panhard et Levassor, modèle ancien) ; le gaz

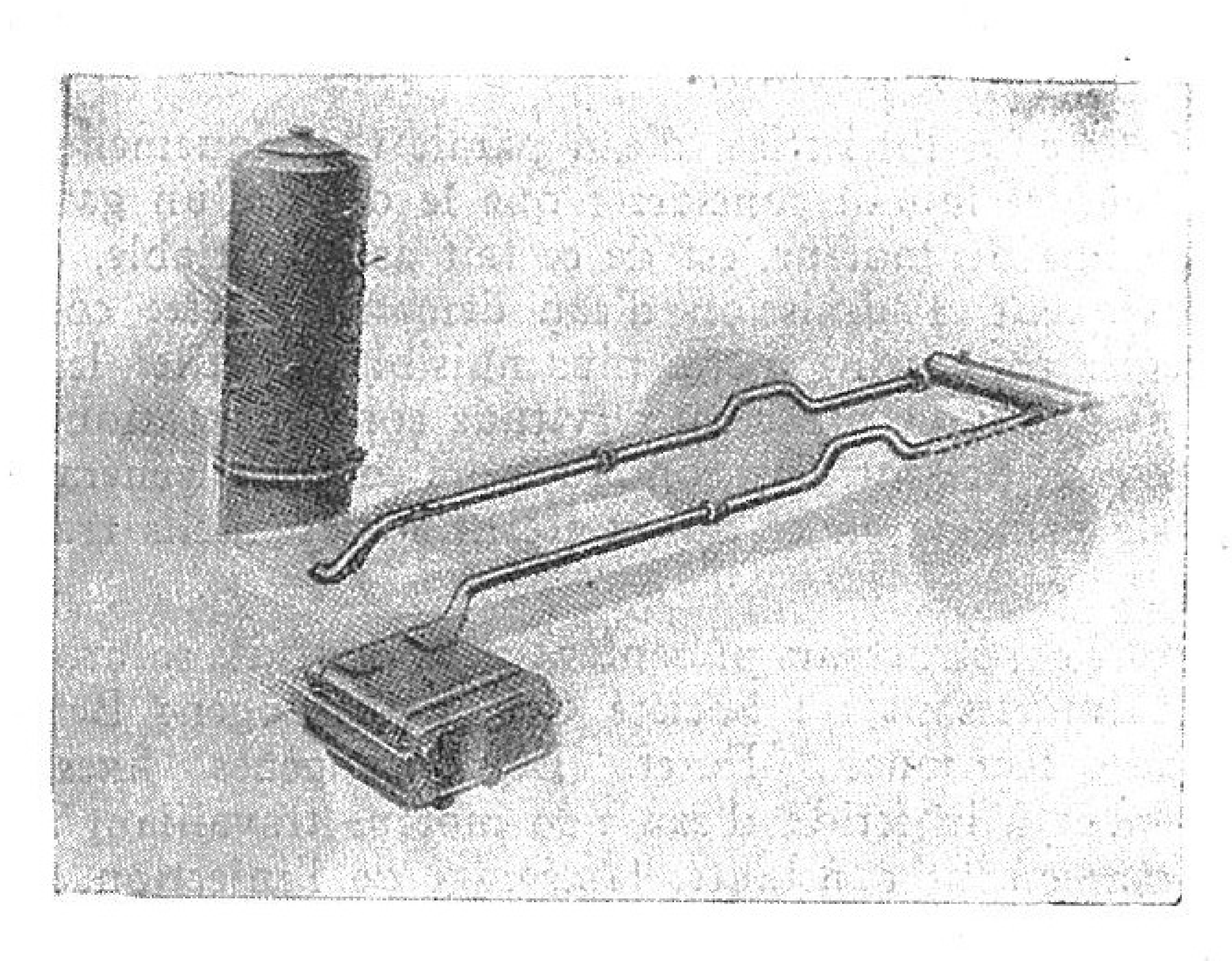


FIG. 10. — Ensemble gazogène-refroidisseur-épurateur monté sur camion.

se refroidit au contact des parois métalliques, elles-mêmes refroidies par l'air extérieur ; ces tubes, d'établissement coûteux et comportant de nombreuses soudures, sont difficiles à nettoyer et leur obturation est à craindre. Actuellement, la préférence va à de gros tubes de 7 à 8 cm. de diamètre qui circulent autour du camion, sous le châssis (fig. 10).

Il importe d'observer que le gaz ne doit pas être refroidi au-dessous d'une certaine limite *avant son arrivée aux épurateurs.*

Un refroidissement trop poussé à la sortie du gazéificateur pourrait provoquer des condensations de vapeur susceptibles de colmater les toiles des filtres.

Pour éviter ces condensations, on dispose très souvent d'une conduite raccourcie appelée « by-pass » que l'on peut utiliser par temps froid et humide ou dans le cas d'un combustible contenant un excès d'eau. Certains constructeurs indiquent que la température du gaz à son arrivée sur les toiles d'épurateurs ne doit pas descendre au-dessous de 60 à 70°.

Le refroidissement peut être avantageusement poursuivi entre les toiles et le moteur.

C. — LES EPURATEURS

50. NÉCESSITÉ DE L'ÉPURATION. — L'aspiration du moteur entraîne avec le gaz des poussières et, dans le cas du bois, des vapeurs : le moteur ne pouvant s'accommoder de ces impuretés, le rôle de l'épurateur est de les retenir.

51. EPURATION DU GAZ DE BOIS. — Le gaz de bois ne devrait pas, en principe, contenir de pyroligneux, mais, en pratique, il entraîne toujours en sortant du gazéificateur de la vapeur d'eau, souvent des vapeurs acides et des vapeurs goudronneuses dont il doit être débarrassé aussi complètement que possible (voir § 41, p. 51). Le moteur tolère bien une faible proportion de vapeur d'eau, mais il est néanmoins nécessaire d'éliminer celle-ci autant que faire se peut, car sa présence au détriment des éléments actifs diminue le pouvoir calorifique du gaz.

L'élimination des vapeurs ne peut se faire que si celles-ci ont été d'abord condensées (voir § 9-3°, p. 22), ce qui a été obtenu en partie dans le refroidisseur. Pour retenir les gouttelettes liquides, on dirige le gaz sur des parois en chicanes (tôles percées de trous non en regard, anneaux Raschig, grains de liège, coke, tournures, fibres, etc.) : l'eau adhère aux parois sur lesquelles elle ruisselle en entraînant les poussières et les goudrons; par-

fois, on donne au gaz un mouvement de rotation : la force centrifuge qui anime les gouttelettes les projette sur la paroi qui les retient (Voir fig. 11 et 12).

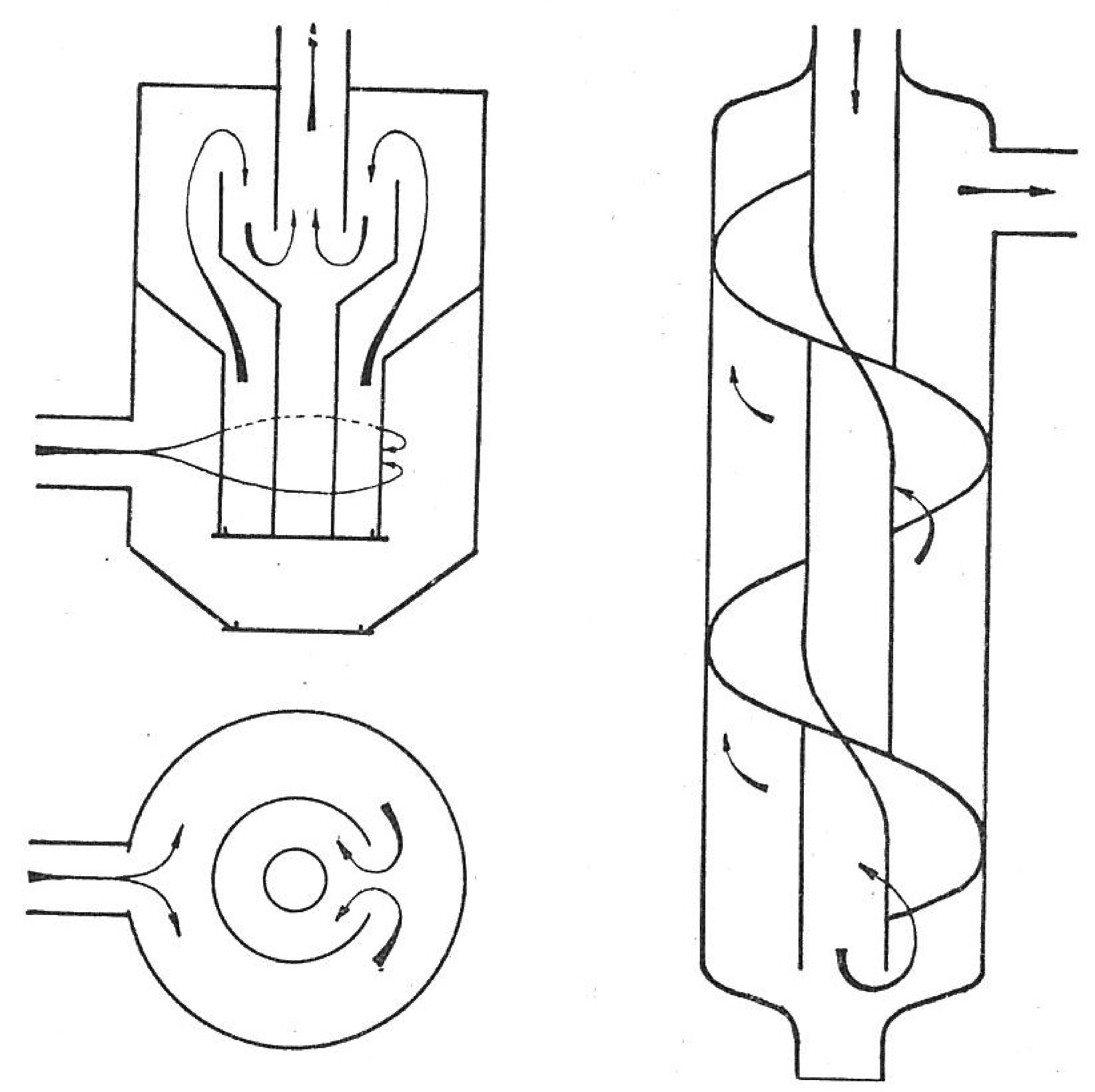


FIG. 11 et 12. — Sécheurs de gaz.

52. EPURATION DU GAZ DE CHARBON DE BOIS. — En principe, le gaz de charbon de bois ne contient pas de vapeur d'eau et il suffit d'extraire les poussières.

La plupart des constructeurs combinent les divers procédés suivants :

1° Le gaz suit une colonne verticale de bas en haut : les grosses poussières ne peuvent suivre le gaz et retombent;

2° Le gaz débouche dans une chambre ou boîte à poussière relativement spacieuse, où il se détend, se refroidit et perd de la vitesse : ces circonstances favorisent la séparation des poussières ;

3° Le courant gazeux subit de nombreux changements de direction qui projettent les poussières sur des parois fixes : le choc arrête les grains de poussières;

4° On imprime au gaz un mouvement de rotation : les poussières sont projetées vers les parois par la force centrifuge.

Le mouvement de rotation est donné au gaz de deux façons : dans les cyclônes par une tôle directrice fixe (disposition analogue à celle de la fig. 12) et dans les ventilateurs centrifuges par des palettes tournantes. Ces deux genres d'appareils ne sont guère employés sur les véhicules à gazogène, car on ne peut obtenir de bons résultats que si le parcours du gaz est assez long et son mouvement rapide : l'encombrement des appareils est un obstacle à leur emploi, mais on les rencontre souvent dans des installations fixes ;

5° Le gaz traverse une matière épurante, coke, charbon de bois pulvérisé, poudre de liège;

6° L'épuration est achevée par le passage du gaz à travers des toiles en tissu serré, pelucheux ou à travers des feuilles de papier. Ces filtres ne sont pas utilisés avec le bois, car l'humidité du gaz colmaterait les tissus, c'est-à-dire que les poussières formeraient sur eux une sorte de boue épaisse obturant leurs pores et s'opposant au passage du gaz ;

7° Des toiles métalliques fines (120 mailles au millimètre carré), sont prévues entre les toiles et le mélangeur ; elles n'interviennent d'ailleurs que dans deux circonstances :

1° Si l'épuration par les toiles est imparfaite, le filtre métallique s'obstrue et l'attention du conducteur est éveillée, car le moteur ne tire pas; 2° Si les soupapes du moteur sont en mauvais état, la toile métallique protège les toiles de coton contre les retours de flamme.

D'où le nom de « filtres de sécurité » qu'on donne à ces filtres métalliques.

D. — LE MELANGEUR

53. LE RÔLE DU MÉLANGEUR consiste :

1° A mélanger le gaz fourni par le générateur avec une quantité d'air secondaire (Voir note 1, p. 54), suffisante pour que la combustion soit complète;

2° A introduire le mélange au moteur en quantité proportionnelle à la résistance que celui-ci doit vaincre.

54. ÉLÉMENTS DU MÉLANGEUR :

Le mélangeur comporte essentiellement une conduite de gaz et une conduite d'air; la chambre de mélange est constituée par la réunion de ces deux conduites qui ont à peu près le même diamètre, car la combustion se fait complètement pour des volumes sensiblement égaux d'air et de gaz, pris à la même température.

Cependant, comme le gaz est généralement plus chaud que l'air, il y a lieu de faire certaines corrections à l'admission d'air dont il sera parlé plus loin.

La prise d'air secondaire doit se faire hors du capot, car, comme on l'a vu au paragraphe 49, il est préférable d'alimenter avec du gaz froid.

La figure 6 (p. 52) montre un schéma de mélangeur : on remarquera que l'entrée d'air secondaire peut être plus ou moins fermée par un papillon A; c'est que, en effet, dans certaines circonstances, on peut être amené à enrichir le mélange (démarrages, côtes, vents contraires) ou, au contraire, à l'appauvrir; sur une route horizontale, notamment, il est avantageux d'ouvrir l'air aussi largement que possible.

55. LE RÉGLAGE DE LA PUISSANCE. — Il est réalisé à l'aide d'un papillon P (fig. 6), qui, commandé par la pédale d'accélérateur (ou le régulateur s'il s'agit d'un moteur fixe), étrangle plus ou moins le passage du mélange.

On peut remarquer que le réglage de la puissance s'obtient :

Dans le moteur à essence, en agissant uniquement sur la quantité de mélange introduite au moteur;

Dans le moteur à huile lourde (Diesel), en modifiant la durée de l'injection, ce qui revient à modifier la qualité du mélange ;

Dans le moteur à gaz, en modifiant à la fois la qualité et la quantité du mélange, et cette façon de faire est évidemment plus économique.

56. CARBURATEUR AUXILIAIRE. — Les moteurs peuvent toujours être lancés sur le gaz, mais la plupart des constructeurs ont conservé la possibilité de marcher à l'essence, en vue des démarrages et des petits déplacements des véhicules.

Le fonctionnement du carburateur étant supposé connu du lecteur (1), nous dirons seulement que le moteur doit

(1) Pour une étude complète du carburateur, le lecteur est prié de se reporter au *Livre de l'Automobiliste*.

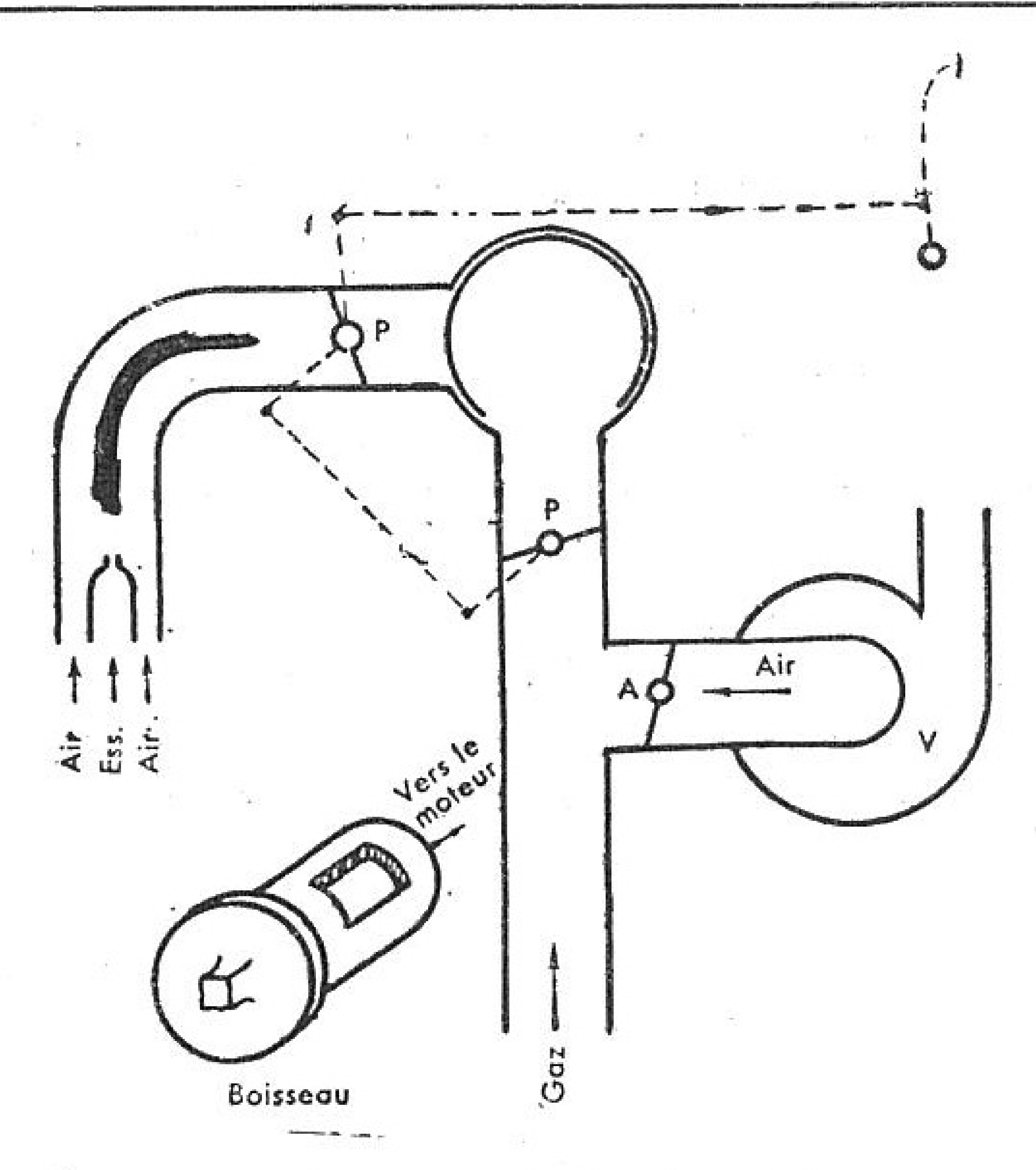


FIG. 13. — Robinet à 3 voies.

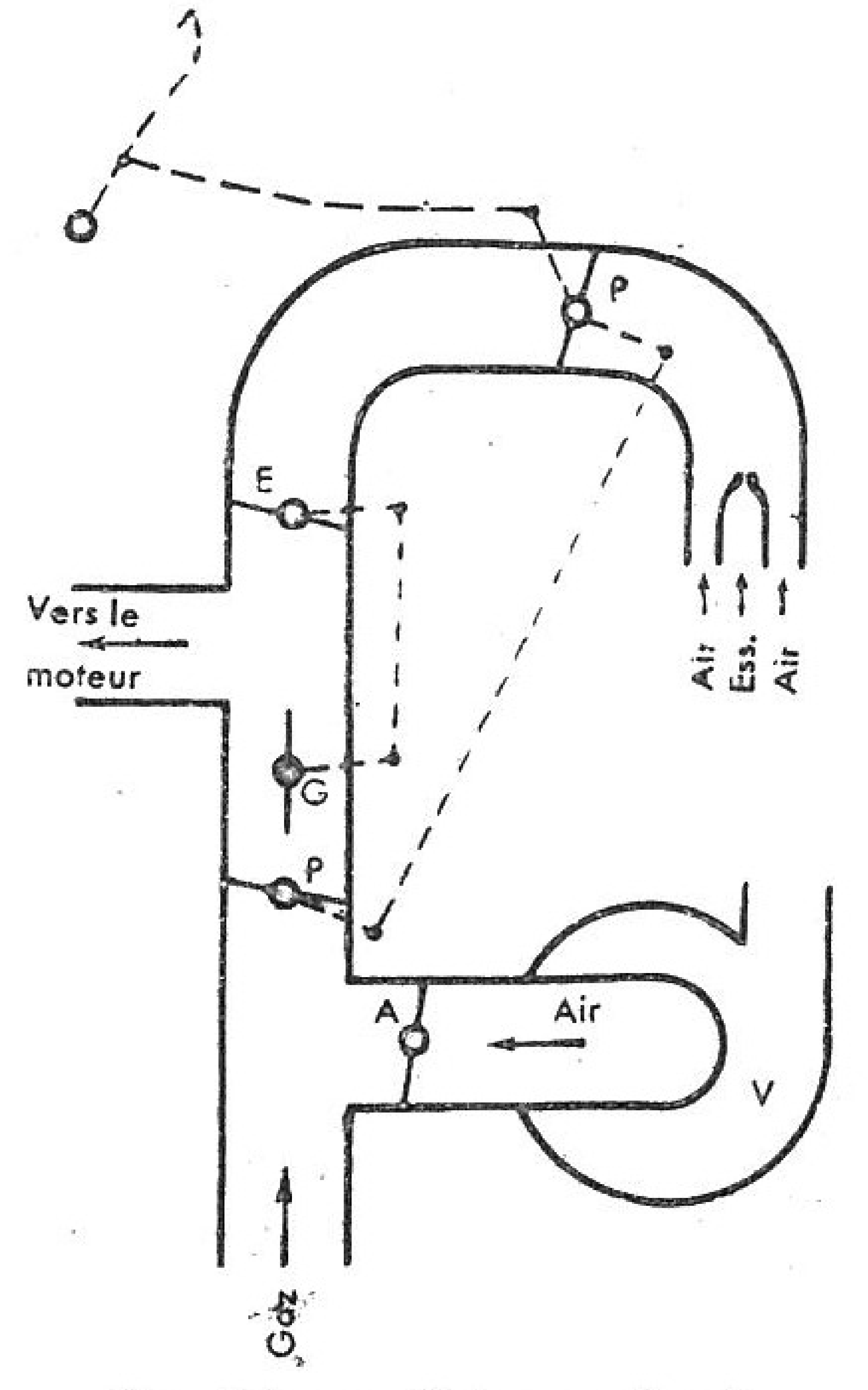


FIG. 14. — Volets conjugués.

donc pouvoir être mis en communication soit avec le gazogène, soit avec le carburateur. Deux dispositifs sont employés à cet effet.

1° *Le robinet à trois voies* (fig. 13). — Le boisseau est creux et communique avec le moteur, il présente une fenêtre qui, sur la figure, établit la communication avec le gazogène. Il l'établirait avec le carburateur si on lui faisait exécuter un quart de tour.

2° *Les volets conjugués* (fig. 14). — Les volets G et E, commandés en même temps par la même manette, sont disposés de façon que l'un soit ouvert quand l'autre est fermé. Sur les figures 13 et 14, on retrouve les papillons A de réglage d'air et P de réglage de puissance.

Nous pouvons noter, dès maintenant, car ceci est très important, que lorsqu'on *marche à l'essence, l'avance à l'allumage doit être ramenée à zéro,* afin d'éviter des explosions à contretemps.

Sauf si le moteur est muni d'un dispositif spécial dont il sera parlé plus loin (Voir § 120, p. 128), la marche à l'essence doit être de courte durée, en raison du taux de compression élevé que l'on est obligé de prévoir pour la marche au gaz pauvre.

E. — L'ASPIRATEUR D'ALLUMAGE

57. SON RÔLE. — Cet appareil (fig. 13 et 14) est indispensable si l'on veut partir directement sur le gaz : ce n'est autre chose qu'un petit ventilateur électrique V, alimenté par la batterie. Voici, d'après les figures 13 et 14, la suite des manœuvres à effectuer pour allumer le gazogène : supprimer le ralenti en fermant complètement les papillons d'accélérateur P et ouvrir le papillon d'air secondaire A, placer le robinet à trois voies ou les volets conjugués comme pour marcher au gaz (position des figures), lancer le courant dans l'aspirateur, puis présenter une flamme à l'entrée du gazogène : le combustible doit s'allumer presque instantanément : au bout de quelques minutes, le gaz doit être de bonne qualité, ce que l'on constate en présentant une flamme à la sortie de l'aspirateur : le gaz brûle en ronflant, avec une belle flamme bleue. Lorsque le gaz est bon, arrêter l'aspirateur et fermer l'air (papillon A), qui ne doit être ouvert qu'au moment du lancement du moteur.

Signalons le très intéressant dispositif d'allumage du gazogène de M. MOREAU (constructeur à Salbris) : près de l'en-

trée d'air primaire, on ménage un petit réservoir d'essence muni d'un obturateur qui, à la demande, laisse écouler un peu d'essence sur un tampon d'amiante et une bougie d'allumage desservie par une magnéto à main; l'obturateur et la magnéto sont commandés depuis le siège du conducteur.

58. DÊPART AU GAZ. — Pour lancer le moteur, ouvrir partiellement l'air secondaire, actionner le démarreur et accélérer à fond, pour que la dépression dans la tuyauterie d'admission crée le tirage maximum à l'entrée de l'air primaire. On peut embrayer dès que le moteur répond aux manœuvres de la pédale d'accélérateur et s'emballe quand on pousse cette pédale suffisamment.

59. DÉPART A L'ESSENCE. — Nous distinguerons deux cas :

1° *Il y a un aspirateur* : on commence par préparer le gaz avec l'aspirateur et quand il est bon, on ferme l'air (papillon A). On met ensuite le robinet à trois voies ou les volets conjugués pour marcher à l'essence et on lance le moteur. Quand le moteur est parti, on met le robinet à trois voies ou les volets conjugués sur gaz et on ouvre l'air secondaire. Si l'on ne réussit pas du premier coup, on revient vivement à l'essence et on recommence. Pendant cette opération de passage au gaz, il faut accélérer à fond, de façon que le foyer subisse toute la dépression et reprenne son activité qu'il a perdue depuis qu'on a cessé de ventiler.

2° *Il n'y a pas d'aspirateur,* ou bien il n'est pas en état de marche. Dans ce cas, fermer l'air secondaire (papillon A). Mettre le robinet à trois voies ou les volets conjugués sur l'essence et lancer le moteur. Quand le moteur est parti, ouvrir partiellement le robinet à trois voies ou les volets conjugués et présenter une flamme à l'entrée du gazogène, pour que le moteur aspire à la fois sur le carburateur et sur le foyer.

Quand le foyer est allumé, remonter sur le siège et accélérer. Au bout de quelques minutes, mettre le robinet à trois voies ou les volets complètement sur gaz et ouvrir le papillon A. Si le moteur semble sur le point de caler, revenir rapidement sur l'essence et recommencer à faire le gaz.

En raison du taux de compression élevé du moteur, il est recommandé d'utiliser de l'essence poids lourd ou du supercarburant ou un mélange ternaire essence-alcool-benzol. Dans tous les cas de marche à l'essence, l'avance à l'allumage doit être ramenée à zéro.

F. — INCIDENTS

60. LES CAUSES. — Le moteur et l'allumage étant mis à part, tout incident de marche peut être attribué à l'une des trois causes suivantes :

1° *Le combustible ne convient pas* : trop gros, il forme des voûtes; trop petit, il se tasse; trop humide ou trop impur, il donne un gaz trop pauvre : notamment si le charbon est très humide, toute la vapeur d'eau ne peut être réduite dans le foyer, la vapeur vient humecter les toiles et les colmater. En outre, l'allumage est difficile.

2° *Les appareils n'ont pas été nettoyés en temps voulu* : le foyer est encrassé de mâchefers, les tuyauteries sont bouchées, les toiles sont couvertes d'une forte couche de poussières ou bien sont colmatées (combustible humide), ou bien le filtre de sécurité est bouché (les toiles sont en mauvais état).

3° *Les joints ne sont pas étanches.*

61. LES JOINTS. — Ils sont toujours nombreux : joints de portes de cendrier, de chargement, de visite, joints entre deux appareils; ils doivent être l'objet d'une surveillance attentive, car s'ils sont en mauvais état, de l'air entre dans les appareils, le gaz est appauvri, le moteur ne tire pas : par exemple, si le joint entre générateur et refroidisseur est mauvais, le gaz peut brûler aussitôt formé, le moteur reçoit trop de gaz inertes et il n'a pas de puissance, le démarrage peut même être impossible; s'il s'agit d'un joint situé dans une région où le gaz est froid, on est prévenu par une petite explosion quand on vérifie le gaz ou bien par la position de la commande de l'air secondaire, que l'on doit moins ouvrir que d'habitude.

Pour trouver un joint défectueux, on peut procéder comme suit :

1° Faire tourner le moteur et présenter une flamme autour du joint ; si elle est attirée, le joint est mauvais ; avec un moteur silencieux, une oreille attentive peut aussi déceler un sifflement significatif ;

2° Arrêter le moteur et fermer toutes les issues du gaz (entrée d'air primaire, papillons) et présenter une flamme autour des joints; si la flamme grandit en un point, c'est que le joint est mauvais ;

3° Vider le générateur et le garnir d'un combustible dégageant beaucoup de fumée (papier, paille, copeaux légèrement humides) ; fermer toutes les issues quand le combustible est

enflammé : tout joint qui laisse sortir de la fumée doit être refait.

4° Boucher tous les orifices sauf un, par lequel on introduit le tuyau, garni de chiffons, du gonfleur et souffler de l'air dans les appareils ; passer de l'eau savonneuse sur les joints : si des bulles se produisent dans une région, le joint est mauvais en cet endroit.

Un bon joint doit présenter une teinte noire brillante uniforme; des traînées grisâtres indiquent une entrée d'air.

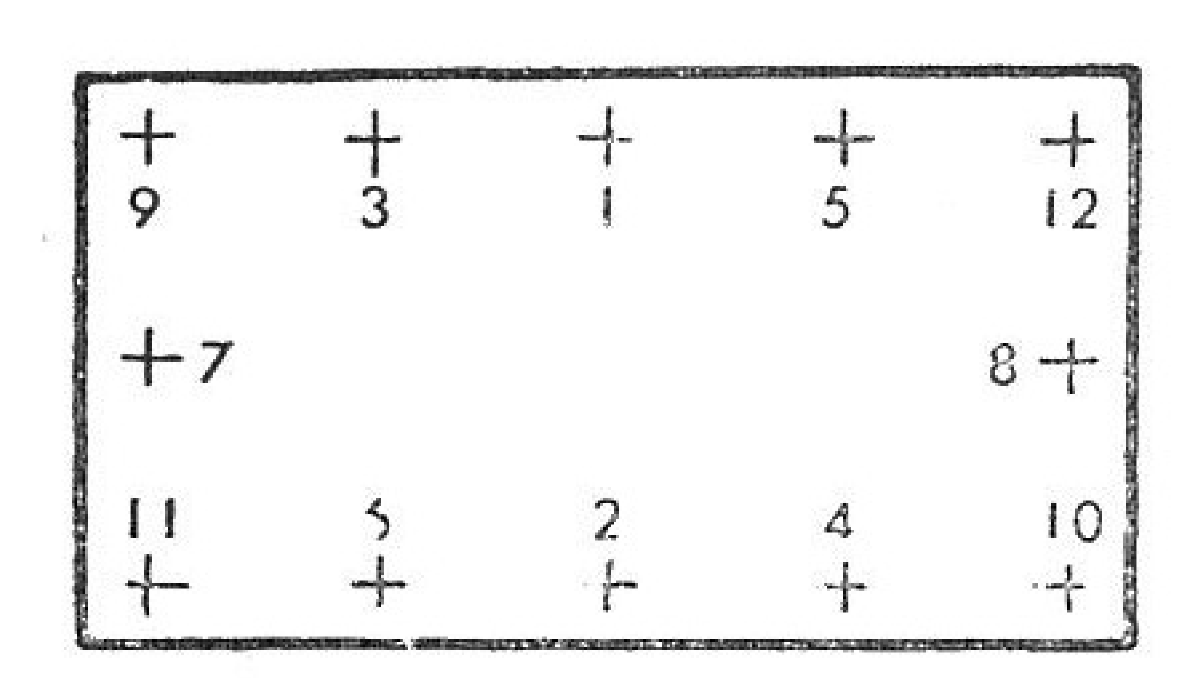
Les joints fixes entre deux appareils sont généralement constitués par un carton d'amiante enduit d'un mastic (minium, céruse) serré entre deux brides.

Les joints de portes, fréquemment démontés, sont constitués par une tresse d'amiante logée dans une gorge et enduite de graisse Belleville; il faut raccorder soigneusement les deux bouts de la tresse et veiller à ce qu'il n'y ait aucun corps étranger sur les surfaces de joint.

Le caoutchouc, le cuir, sont parfois employés dans les régions froides de l'installation.

Pour changer un joint, il faut, après avoir enlevé le joint défectueux, gratter les portées en évitant de rayer les surfaces et mettre en place le joint neuf, imprégné de graisse Belleville, sans excès cependant, car un abus de graisse entraînerait un manque d'étanchéité.

Le *serrage des écrous* d'une bride à plusieurs boulons ou goujons doit se faire progressivement : pousser le serrage à la main aussi loin que possible, puis se servir de la clé en serrant un peu à la fois, mais toujours dans un ordre tel que le joint, en s'écrasant, puisse glisser entre les brides : les figures 15 et 16 donnent des exemples de l'ordre à adopter. Lorsque le joint est situé dans une région exposée à la chaleur, il est bon de resserrer les écrous quand les appareils sont chauds.



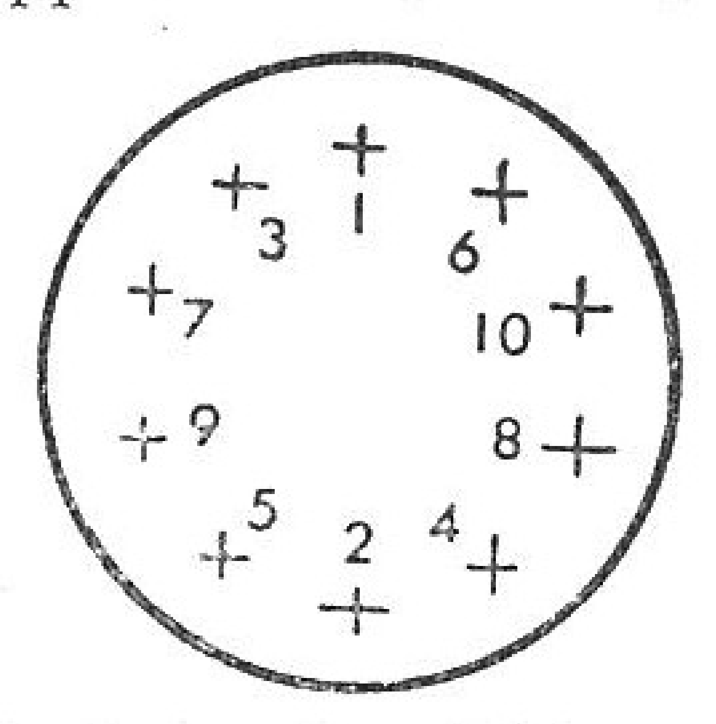


FIG. 15 et 16. — Ordre de serrage des écrous d'une bride.

Lorsqu'un filetage n'est pas étanche (filetage conique, par exemple, ou assemblage de raccord union), il est nécessaire

de l'enduire de graisse et d'enrouler autour du filetage un fil gras à défaut de rondelle spéciale.

Avant de démonter une porte, faire des repères qui permettront de remettre la porte dans la même position; si on doit démonter en même temps des portes identiques, il faut veiller, en les remontant, à ne pas les changer de place.

62. EXPLOSIONS DANS LES GAZOGÈNES. — En principe, aucune explosion ne peut se produire dans un générateur bien conduit, bien entretenu et surtout parfaitement étanche.

Si une déflagration se fait entendre, il faut en rechercher la cause dans une entrée d'air d'une importance suffisante pour qu'un mélange explosif puisse se former : si cette entrée d'air affecte une région de l'appareil où la température est élevée, une explosion est presque inévitable et très souvent on observe sa répétition à intervalles d'autant plus rapprochés que la rentrée d'air est importante. Les explosions sont souvent accompagnées d'un crachement de petits morcaux de charbon, par la tuyère, dû à une surcompression dans le générateur.

Les joints à incriminer sont ceux des portes de cendrier ou de foyer et, plus souvent, celui de la porte de chargement. Il se peut aussi qu'une soudure de la trémie soit défectueuse.

On constate encore des déflagrations lorsque le générateur a été incomplètement rechargé, ce qui a eu pour effet de laisser dans la trémie une quantité notable d'air et, au moment où le feu atteint la couche supérieure du combustible, un mélange explosif se forme.

Enfin, dans un gazogène qui comporte plusieurs tuyères non convergentes, une explosion peut se produire si, par inadvertance, on a omis d'allumer une des tuyères : on conçoit que l'air qui entre par cette tuyère inactive puisse former, avec le gaz produit par les autres, un mélange tonnant qui s'enflamme au contact des charbons incandescents.

CHAPITRE IV

Étude de quelques Gazogènes

Nous nous bornerons à décrire un gazogène à bois et trois gazogènes à charbon de bois, deux à tuyère, et un à admission d'air périphérique.

I. — GAZOGENE A BOIS

(Type BERLIET, licence IMBERT-DE DIÉTRICH)

63. DESCRIPTION. — Ce gazogène, à combustion renversée, utilise le bois. Il comprend deux parties (fig. 17) :

1° La *trémie B,* qui reçoit le bois par la porte A; elle est entourée de la chambre concentrique C, dans laquelle circule le gaz venant du foyer et qui, de là, se rend aux refroidisseurs et épurateurs;

2° Le *foyer F,* relié à la trémie par un cône en tôle guidant la descente du combustible. L'air primaire pénètre dans le foyer, par une série de buses horizontales D, portées par une couronne tubulaire K, reliée à l'extérieur par une boîte à clapet; le clapet battant supprime les retours éventuels de flammes et de fumées. L'allumage se fait par l'ouverture de ce clapet.

Deux portes E (une seule est visible sur la figure) servent au nettoyage du foyer.

64. FONCTIONNEMENT. — Le foyer est chargé initialement d'environ 20 kg. de braisette de boulanger ou de charbon de bois sec, en morceaux de la grosseur d'une noix ; la braisette doit être criblée pour éliminer les poussières et les petits morceaux.

Le foyer est garni de braisette, intérieurement jusqu'au niveau *a b* et extérieurement jusqu'au niveau *c d* (niveau de l'étranglement du « diabolo » du foyer). Le foyer ne peut être allumé rapidement que s'il contient, à l'intérieur, suffi-

samment de braisette. Le chargement s'achève avec du bois qui doit répondre aux conditions indiquées au chapitre II, A.

Nous verrons plus loin comment on allume le gazogène. Quand il est allumé et que le moteur est alimenté en gaz, l'aspiration créée par le moteur suffit à appeler par les buses l'air primaire nécessaire à la combustion.

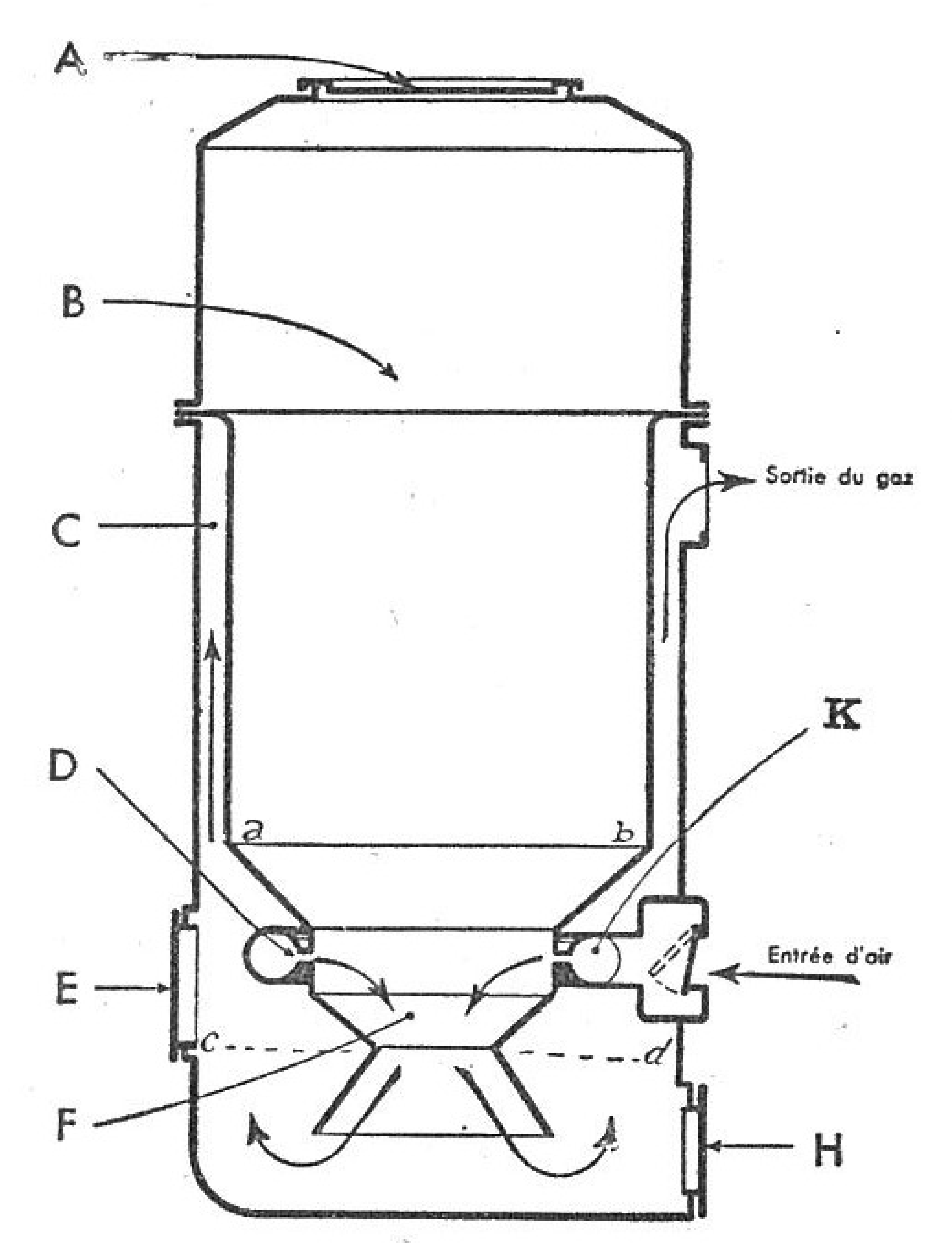


FIG. 17. — Gazogène Berliet. — Générateur.

Les gaz chauds, en remontant dans la chambre annulaire C, chauffent, à travers la tôle intérieure, le bois de la trémie. Le bois, nouvellement chargé, commence par sécher (zone de séchage au niveau de B), puis il distille des pyroligneux (zone de distillation au niveau des lettres C et D) et il arrive au foyer sous forme de charbon de bois dont la combustion s'active à la hauteur des buses (zone de combustion). Ainsi, au fur et à mesure qu'il descend, le bois se transforme en charbon, transformation nécessaire pour l'accomplissement rapide des réactions chimiques génératrices d'oxyde de carbone.

D'autre part, les produits gazeux abandonnés par le bois descendent aussi, aspirés par le moteur, et doivent traverser le foyer; l'étranglement de celui-ci donne à l'air une grande

vitesse et ceci permet d'obtenir une température élevée dans cette région que nous appellerons, avec la partie inférieure, zone de réduction, parce que c'est dans cette zone qu'en passant sur les charbons ardents, la vapeur d'eau est réduite en hydrogène et oxyde de carbone, que le gaz carbonique est réduit en oxyde de carbone et qu'enfin les pyroligneux sont partiellement détruits.

La partie évasée du *diabolo* facilite le dégagement des cendres.

Avant de pénétrer dans la chambre C, le gaz est obligé de traverser la couche extérieure de braisette qui contribue à retenir les pyroligneux qui ont pu traverser le foyer sans être détruits.

65. REFROIDISSEURS. — Cet appareil comprend trois ou quatre caissons métalliques rectangulaires, placés sous le châssis, perpendiculairement à l'axe loingitudinal du véhicule ; le gaz passe successivement dans ces caissons. A l'exception du premier, ils contiennent des plaques de tôles perforées, solidaires les unes des autres; les trous d'une plaque ne sont pas en regard des trous des deux plaques qui l'encadrent et ces trous deviennent de plus en plus petits.

En pénétrant dans le premier caisson, le gaz se détend, se refroidit et perd de sa vitesse : la vapeur d'eau se condense et les grosses cendres tombent dans le fond du caisson; dans les autres caissons, le refroidissement s'accentue, les gouttelettes d'eau sont arrêtées par les chicanes que forment les plaques perforées, le long desquelles l'eau ruisselle, en entraînant les poussières.

Aux arrêts du véhicule, l'eau de condensation s'écoule par de petits orifices ménagés dans les fonds des caissons.

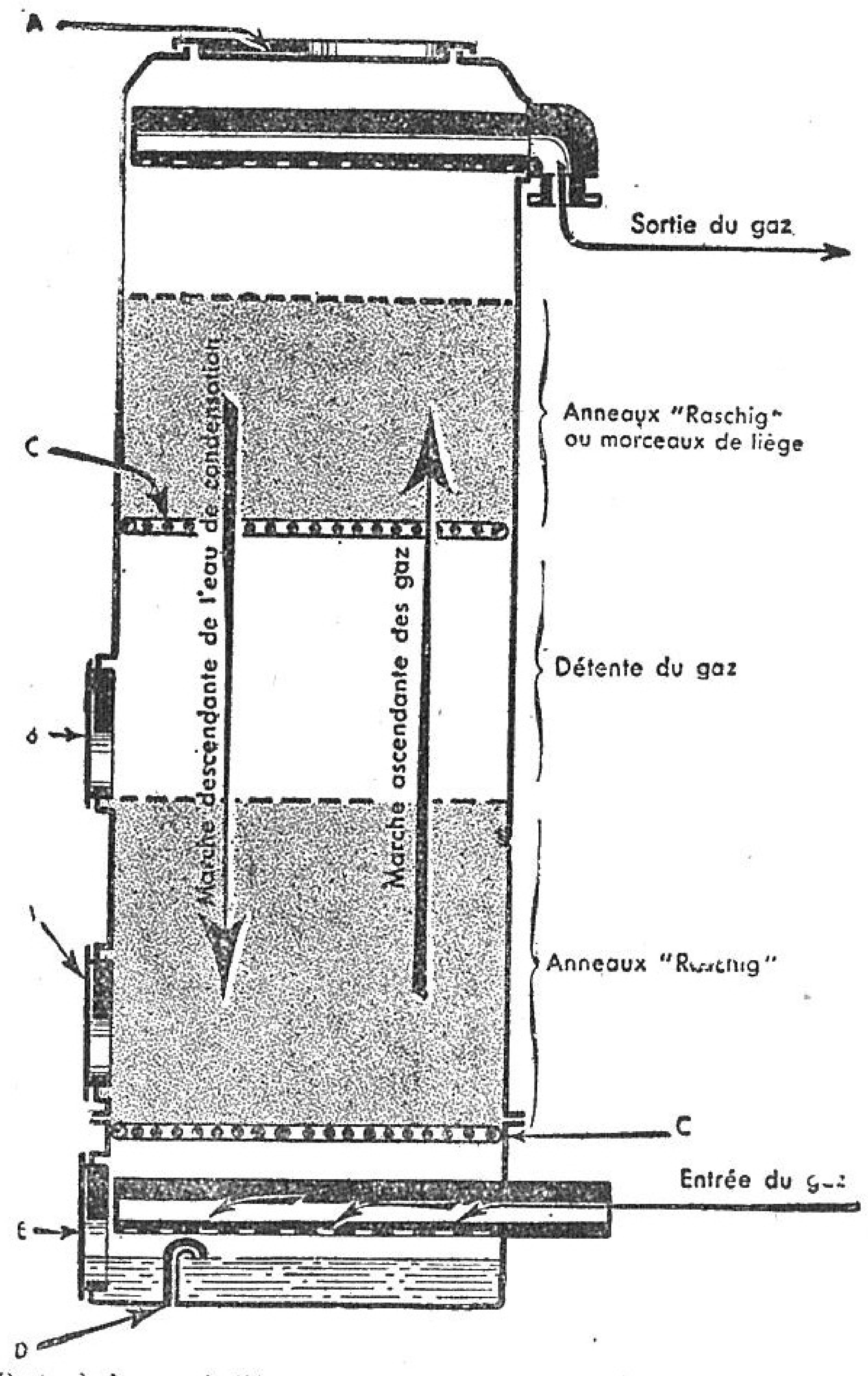
Les caissons sont munis de portes de visite et de nettoyage à chaque extrémité.

66. EPURATEUR. — L'épurateur n'existe que sur les camions, car, sur une voiture de tourisme, il serait très encombrant, mais, sur celles-ci, il y a alors un caisson de plus.

L'épurateur (fig. 18) est un cylindre vertical en tôle avec portes de visite A, B, E. Il contient deux grilles légères C, supportant chacune une couche épaisse d'anneaux « *Raschig* » (ces anneaux sont de petits cylindres en tôle mince dont le diamètre est égal à la hauteur) ; ces anneaux sont versés « en vrac » sur les grilles.

Le gaz est aspiré de bas en haut et subit trois détentes dans l'appareil (cendrier, espaces libres au-dessous et au-dessus de la deuxième couche d'anneaux).

Les détentes successives, le passage dans les chicanes innombrables formées par les anneaux sèchent complètement les gaz et retiennent les poussières. L'eau de condensation entraîne vers le bas la boue qui couvre les anneaux. A l'arrêt, l'eau s'écoule par l'orifice D.



A Porte de lavage de l'épurateur.
B Porte de visite.
C Grille d'appui des anneaux.
D Orifice d'évacuation d'eau.
E Porte de nettoyage.

FIG. 18. — Gazogène Berliet. — Epurateur.

Dans les appareils RENAULT (Licence IMBERT), les anneaux sont remplacés par des grains de liège.

67. MÉLANGEUR OU PRISE D'AIR. — Le mélangeur est formé par la réunion de quatre tubulures; l'une (en bas de la fig. 19) communique avec le gazogène, la deuxième (à gauche) introduit l'air secondaire nécessaire à la combustion; le cône qui la surmonte favorise, par dispersion, la formation d'un mélange homogène ; elle peut être plus ou moins étranglée par le papillon de réglage d'air *b*; la troisième (en

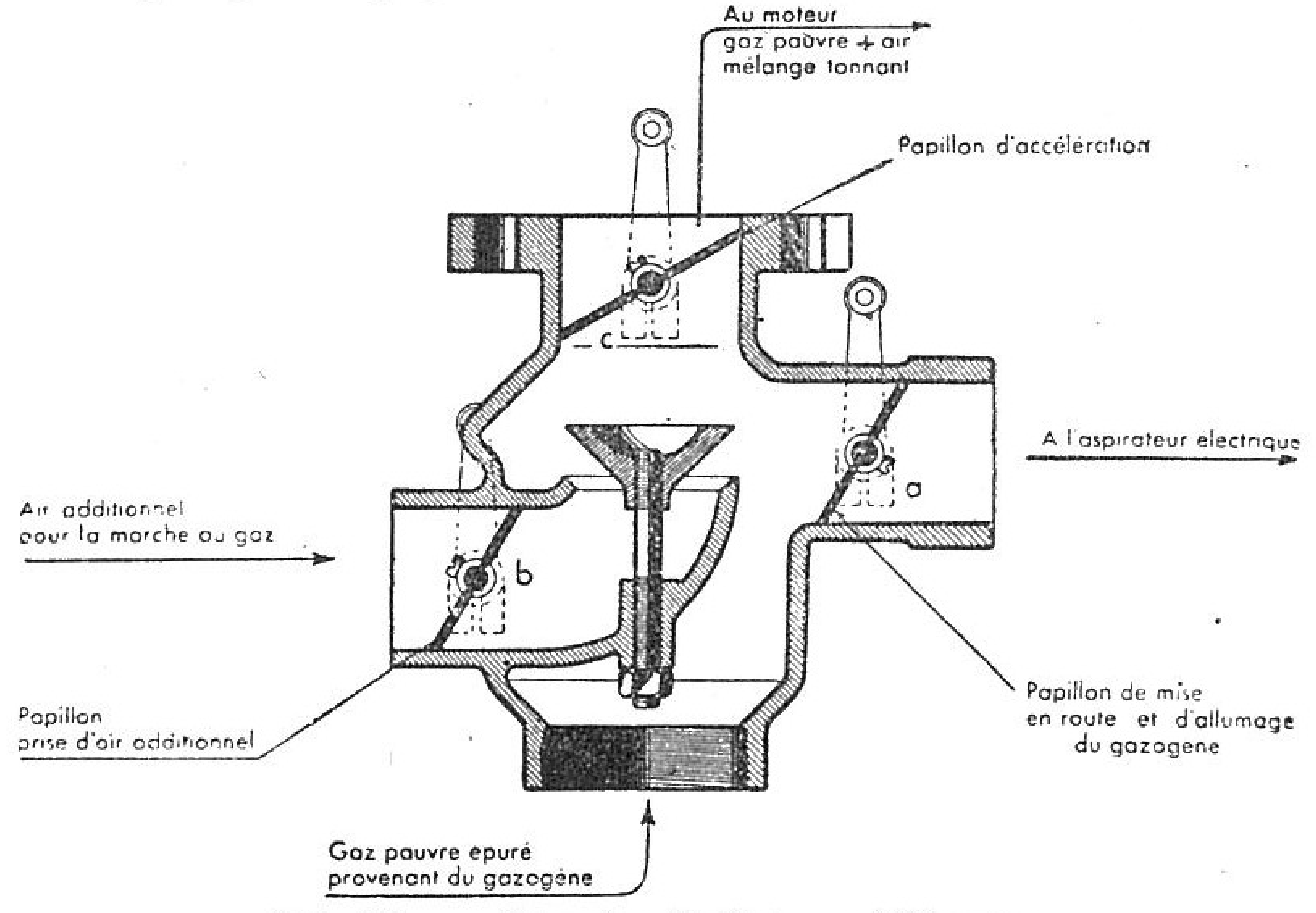


FIG. 19. — Gazogène Berliet. — Mélangeur.

haut), dont l'obturation variable est assurée par le papillon *c*, conduit le mélange au moteur; enfin, la tubulure de droite, fermée en marche par le papillon *a*, est en communication avec un aspirateur électrique.

Le moteur peut d'ailleurs fonctionner à l'essence; un petit réservoir d'essence alimente un carburateur branché sur la tuyauterie d'admission au moteur.

68. ALLUMAGE ET DÉPART AU GAZ. — Pour allumer le gazogène : de la planche de bord, fermer le papillon *b* et ouvrir le papillon *a*, accélérateur au repos, afin de laisser le papillon *c* fermé, puis mettre en route l'aspirateur électrique; présenter une torche (amiante imbibée d'essence) enflammée à l'entrée d'air primaire au générateur. Le refoulement de l'aspirateur dégage d'abord un peu de fumée; au bout de trois ou quatre minutes, allumer le gaz à la sortie de l'aspirateur; il doit brûler avec une flamme bleu pâle, continue, ronflante.

Nous verrons plus loin ce qu'il faut faire si on ne peut arriver à ce résultat.

Quand le gaz est reconnu bon, couper le contact de l'aspirateur, pousser la tirette qui commande la fermeture du papillon *a* ; mettre le contact d'allumage, entr'ouvrir le papillon d'air *b* et le papillon *c* (celui-ci en accélérant à fond), puis lancer le démarreur. Si le gaz est bon et si la manette commandant *b* est dans une position convenable, qu'on arrive très vite à repérer, le départ est immédiat. Cependant, le moteur ne « répond » pas tout de suite : dès qu'on le sent ralentir, fermer un peu l'air et faire quelques appels de gaz en manœuvrant l'accélérateur; dès que le moteur emballe, le générateur a pris son régime et on peut démarrer.

69. ALLUMAGE ET DÉPART A L'ESSENCE. — Il faut tout d'abord fermer les trois papillons *a, b, c,* ouvrir le robinet d'essence et le papillon du carburateur, puis ramener à zéro l'avance à l'allumage et lancer le moteur au démarreur (si le moteur ne partait pas, c'est que les papillons *a, b,* et *c,* mal fermés, laisseraient passer de l'air). Quand le moteur est lancé. régler le ralenti rapide, ouvrir un peu le robinet à trois voies, accélérer légèrement (sur l'essence et sur le gaz) pendant qu'un aide présente une flamme à l'entrée du générateur. Après quelques minutes de marche, accélérer un peu plus et ouvrir le papillon *b* : si le moteur répond, accélérer davantage, ouvrir un peu plus l'air, fermer progressivement l'essence (robinet à trois voies) et augmenter l'avance à l'allumage. Comme on le voit, le départ à l'essence est plus compliqué que le départ au gaz.

70. CONDUITE DU MOTEUR. — La conduite du moteur ne diffère pas de la conduite d'un moteur à essence, seul l'arrêt présente une particularité ; si l'arrêt du véhicule est très court, on peut laisser le moteur tourner au ralenti, mais si l'arrêt doit se prolonger un peu, il est bon de couper l'allumage en accélérant à fond, afin de remplir les appareils de gaz et de faciliter le prochain départ ; si l'arrêt est assez long, on devra, au moment du départ, briser la voûte qui a pu se former et ranimer le foyer avec l'aspirateur.

71. MISE EN VEILLEUSE. — Le gazogène peut rester allumé plusieurs heures sans qu'il soit nécessaire de prendre de précaution particulière. Si l'on veut éviter de rallumer le gazogène après un temps d'arrêt assez long, on peut le mettre en veilleuse : pour cela, fermer tous les papillons du mélangeur et ouvrir légèrement la porte de chargement de la trémie ;

au moment de repartir, on enlèvera la porte de chargement, on tassera le combustible avec un ringard pour détruire une voûte possible ; on évitera cependant de trop remuer le combustible afin d'éviter que des morceaux de bois en cours de distillation ne tombent dans le foyer, ce qui rendrait le départ difficile ; on pourra repartir après avoir aspiré pendant une ou deux minutes. La mise en veilleuse est rarement pratiquée, car elle ne fait guère gagner de temps. Un gazogène en veilleuse dans un garage risque d'en polluer l'atmosphère.

72. CONDUITE DU VÉHICULE. — Les opérations de démarrage, de changement de vitesse, marche arrière, ralentissement et arrêt s'effectuent comme avec un moteur à essence ; on retiendra cependant que :

1° Les reprises se font en accélérant à fond, de manière à utiliser toute la dépression du moteur pour forcer le tirage et augmenter la production de gaz, puis, quand le nouveau régime normal est établi, on lâche peu à peu l'accélérateur ;

2° Le moteur supporte bien l'avance à l'allumage, sans cogner, ni cliqueter ; il est donc toujours avantageux d'utiliser une forte avance ;

3° Dans une rampe, on évitera de laisser tomber le régime, sinon le générateur ne fournirait plus assez de gaz ; on devra changer de vitesse plus vite qu'avec un moteur à essence ;

4° Lorsque le véhicule descend une longue pente, il est essentiel de prévenir la baisse d'activité du feu et l'afflux de vapeur au moment de la reprise : pour cela, il suffit de fermer l'air secondaire (papillon *b*) complètement ; la position (ralenti » du papillon *c* suffit à entretenir un foyer suffisamment actif pour que, au bas de la descente, la reprise puisse se faire.

73. MÉLANGEUR RENAULT AVEC BY-PASS. — Avec ce mélangeur la précaution indiquée ci-dessus pour les longues descentes est inutile ; sur la figure 20, A désigne le corps du mélanger, B l'entrée d'air réglable par la ceinture C, et E le papillon soumis à l'accélérateur. Dans une descente, ce papillon est fermé complètement et l'aspiration du moteur se fait sentir sur le clapet G qui, dès lors, s'ouvre et la dépression se fait sentir au générateur par le by-pass (ou passe à côté) F ; au moment de la reprise, le clapet G est rappelé par le ressort H réglable par l'écrou I. Le clapet J s'oppose à l'entrée d'air dans la dérivation.

74. RECHARGEMENTS. — Il faut recharger la trémie au plus tard quand les deux tiers du combustible sont brûlés, mais on a intérêt à recharger plus souvent. Imaginons que le

niveau du bois soit descendu très bas au moment où l'on recharge : quand le bois nouveau arrivera au foyer, il n'aura pas été suffisamment carbonisé et les reprises seront mauvaises ; un peu plus tard, la production de vapeur sera abondante et on aura du gaz humide ; quand la vapeur aura un peu diminué, on obtiendra un gaz riche en hydrogène. et le moteur marchera mieux ; puis, quand le combustible de nouveau s'épuisera, la proportion d'hydrogène faiblira, le gaz sera plus pauvre.

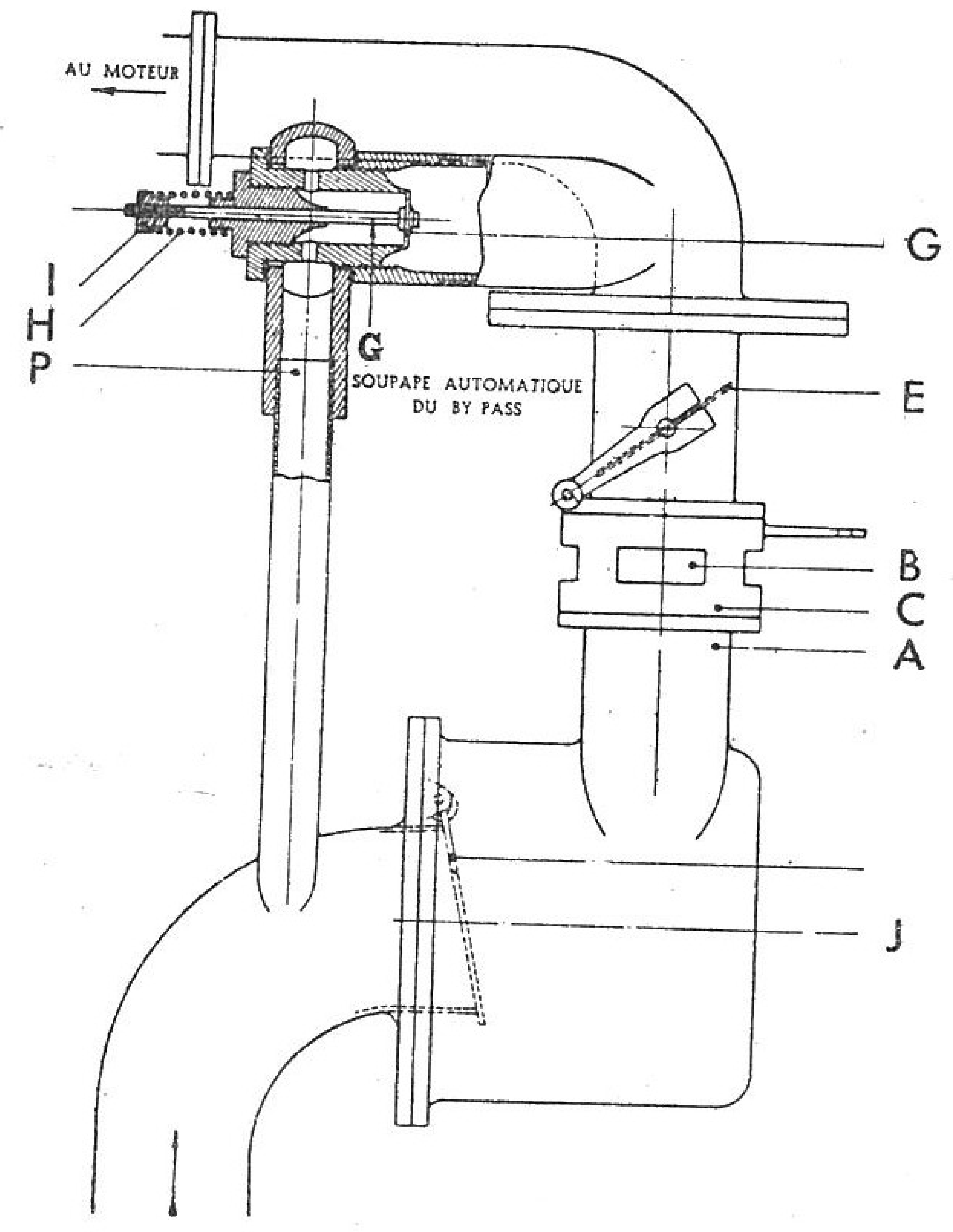


FIG. 20. — Mélangeur Renault à « by pass ».

De plus, en laissant le niveau descendre très bas, on risque de voir céder les soudures du diabolo, par suite de l'élévation de température.

On voit par là l'importance des rechargements fréquents ; il n'est intéressant de laisser tomber le niveau que lorsque le moment approche de nettoyer le foyer.

Pour recharger, il faut laisser tourner le moteur de façon à ne pas être incommodé par les fumées et les gaz contenus dans la trémie.

Le chargement fait, tasser le combustible avec un ringard et refermer soigneusement la porte, après s'être assuré de la propreté du joint et de sa portée.

75. ENTRETIEN. — Il est essentiel de suivre les instructions suivantes pour assurer au gazogène une marche régulière :

1° *Tous les matins,* vérifier (par les portes E, voir fig. 17), le niveau de la braisette et le rétablir s'il y a lieu ;

2° *Tous les* 500 *km.,* décrasser le foyer ; avant cette opération, on a laissé autant que possible tomber le niveau du bois et refroidir le générateur. Ouvrir la porte H (voir fig. 17), sortir la grille et évacuer toute la braisette, le mâchefer et le bois qui n'a pas encore été brûlé (si le gazogène est plein, éviter de faire tomber le bois), s'assurer que tout l'aggloméré de cendre est sorti ; remettre de la braisette dans le foyer et autour du diabolo (la braisette sortie peut resservir après triage et criblage) ; remettre au-dessus le bois à demi consumé et faire le plein avec du bois cru.

Le foyer doit être refait un peu plus souvent si l'on utilise du bois résineux (qui donne beaucoup de goudron) ou du bois présentant une écorce épaisse, surtout si ce bois provient de régions sablonneuses ou calcaires.

En même temps, vidanger le caisson refroidisseur et s'assurer que les trous d'évacuation d'eau ne sont pas bouchés ;

3° *Tous les* 1.000 *km.,* nettoyer tous les caissons et l'épurateur : ouvrir les deux portes de chaque caisson, sortir les plaques perforées et nettoyer le tout avec un jet d'eau ; ouvrir les portes A et E (voir fig. 18) sans sortir les anneaux Raschig, les arroser par le dessus jusqu'à ce que l'eau sorte claire. Auparavant, par la porte B, examiner les anneaux : s'ils présentent des traces de goudron, c'est que la braisette autour du foyer n'a pas été changée en temps voulu. Avant de refermer la porte A, il faut verser de l'eau jusqu'à la voir sortir propre par le trou D ;

4° Les surfaces extérieures de l'épurateur, du refroidisseur des tuyauteries doivent être nettoyées et graissées pour les protéger de la rouille.

Tous les quinze jours, recouvrir le générateur d'un enduit composé de 400 gr. de graphite mélangé à 1 kg. de vernis gras au copal.

76. INCIDENTS. — Ils sont dus à l'une des trois causes

indiquées au paragraphe 60. Voici d'ailleurs les principaux incidents que l'on peut rencontrer :

1° *A l'allumage on n'arrive pas à obtenir du bon gaz parce que :*

a) Le combustible, trop gros, forme voûte : rompre cette voûte avec un ringard passé par la porte A ;

b) Les cendres se tassent dans le foyer ; piquer la braisette avec un pique-feu à l'intérieur du diabolo, ou bien sortir la majeure partie de la braisette et la changer ; si cela ne suffit pas, c'est que des buses sont bouchées ; refaire le foyer complètement et vérifier les buses ;

c) Il y a une prise d'air : vérifier que les papillons *b* et *c* (fig. 19) sont fermés, puis vérifier tous les joints (voir § 61, comment se signalent les prises d'air) ;

d) Le papillon *a* n'est pas assez ouvert ;

e) Les appareils d'épuration, de refroidissement, encrassés, offrent trop de résistance au passage du gaz : les nettoyer.

2° *La puissance du moteur baisse :* voir ci-dessus les causes *a, b, c, e ;* on peut notamment se rendre compte qu'il existe une prise d'air si, pour conserver la puissance du moteur, on a dû fermer l'air secondaire un peu plus que d'habitude.

3° *Le gazogène chauffe anormalement à la partie inférieure parce que :*

a) Le foyer est encrassé : le gaz ne passe qu'à l'endroit le moins obstrué, d'où échauffement en ce point pouvant entraîner des déformations de l'enveloppe extérieure ou la rupture de soudures ;

b) Le joint de la tubulure d'entrée d'air, autour du foyer, n'est plus étanche ; il y a une prise d'air formant chalumeau, d'où élévation locale de la température pouvant entraîner la déformation des tôles : démonter le gazogène complètement et refaire la soudure sur laquelle des traces grisâtres montrent le manque d'étanchéité en certains points.

4° *On trouve des goudrons dans les épurateurs ou refroidisseurs :* si l'on a toujours bien entretenu le niveau de la braisette, démonter le gazogène et examiner soigneusement l'enveloppe intérieure ; il y a soit une rupture de tôle, soit une soufflure dans les soudures de la trémie.

5° *Le moteur pétarade.* Cela peut être dû :

a) Au mauvais état des bougies ; corriger l'écartement des pointes (3 à 4 dixièmes), les remplacer s'il y a lieu (elles portent le n° 17 dans l'échelle des températures Champion) ;

b) Au coincement d'une soupape par une parcelle de goudron parvenue jusqu'à un siège (voir 4°).

6° *Le moteur ne tient pas le ralenti* : on peut attribuer ce fait :

a) A l'allumage (magnéto ou delco : décollage du distributeur ou du rupteur, batterie en mauvais état, vis platinées usées, collecteur sale, pointes de bougies trop écartées) ;

b) Au moteur (manque de compression, joint de culasse, segments cassés, papillons d'accélérateurs ne fermant pas) ;

c) A des prises d'air le long des tuyauteries ;

d) Au gazogène (combustible humide ou formant des voûtes, foyer encrassé, buses d'air bouchées).

7° *A l'arrêt, le gazogène fume* : la porte de chargement est mal fermée, le clapet battant d'entrée d'air, encrassé, ne ferme pas.

II. — GAZOGENE A CHARBON DE BOIS A ADMISSION D'AIR ANNULAIRE OU PERIPHERIQUE

(Type : PANHARD et LEVASSOR.)

77. DESCRIPTION. — Le générateur comprend : *le corps* (fig. 21), formé de deux enveloppes concentriques en tôle ; l'enveloppe intérieure contient *le foyer*, dont la paroi est formée d'éléments réfractaires moulés ; le foyer repose sur un support métallique moulé sur lequel est montée une *grille oscillante* que l'on peut manœuvrer par un levier extérieur. Une porte à fermeture rapide donne accès au cendrier pour les nettoyages. La *trémie* en tôle qui surmonte le foyer contient le combustible, qui est dirigé par un *déflecteur* en fonte spéciale ou acier moulé, vers l'étranglement du revêtement réfractaire ; un couvercle étanche permet le remplissage de la trémie par le haut ; trois vis fixent la trémie sur le corps du générateur, le serrage s'effectuant sur une tresse d'amiante logée dans une gorge et formant joint étanche.

Sur les appareils anciens, un ventilateur soufflait l'air pour l'allumage ; sur les appareils récents, c'est un aspirateur placé après l'épurateur qui assure le tirage au moment de l'allumage ; pendant cette période, l'air accède au générateur par la *tuyère centrale* ou *starter*. En marche normale, l'air pénètre par un clapet, qui ouvre un évent à la base de l'enveloppe double du foyer ; cet air refroidit la paroi interne et s'échauffe à son contact, circonstance favorable à la conservation des tôles et à l'obtention d'une température élevée au foyer ; les formes données aux éléments réfractaires et au déflecteur font converger l'air chaud vers la zone incandescente du foyer ;

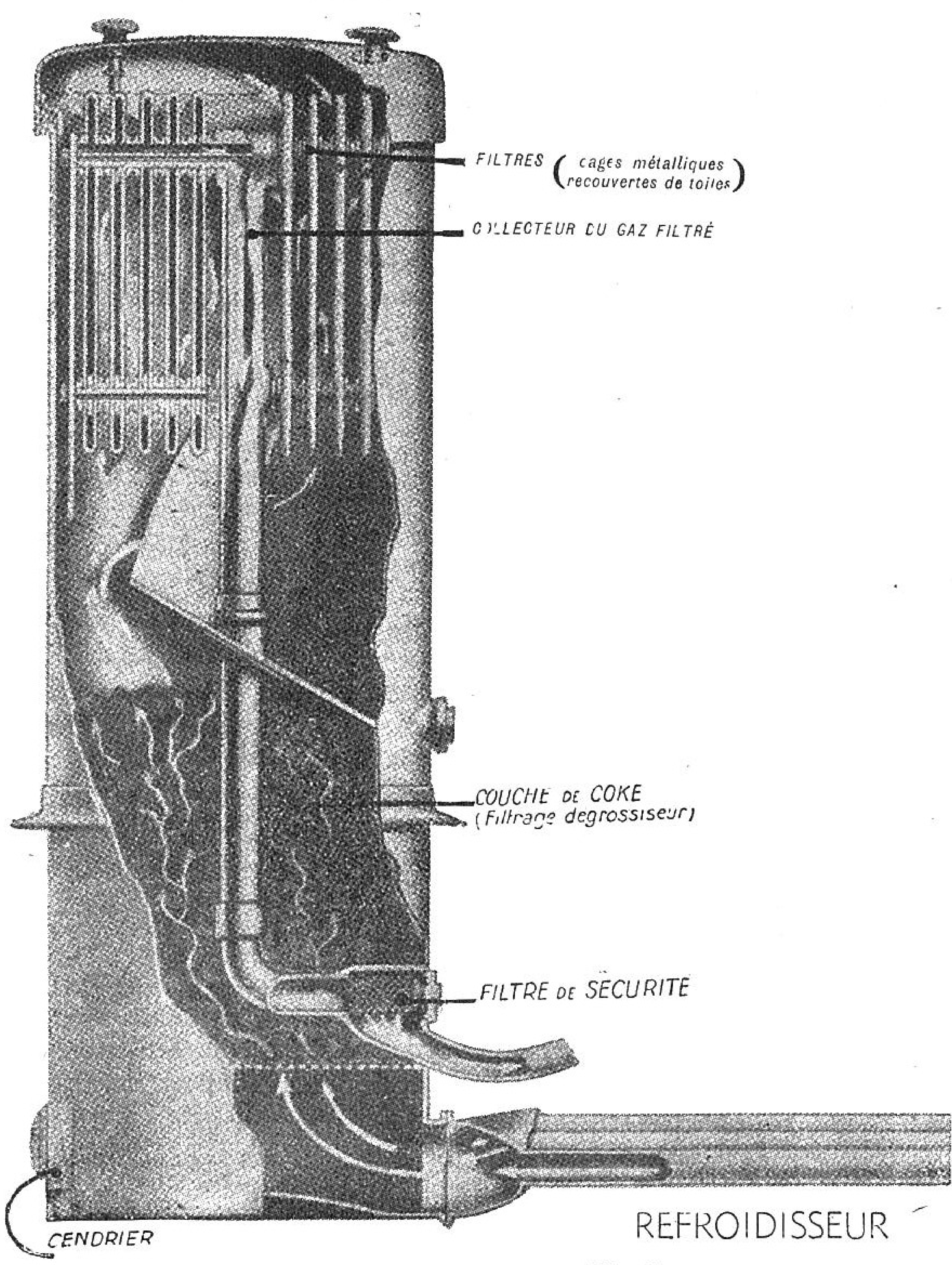
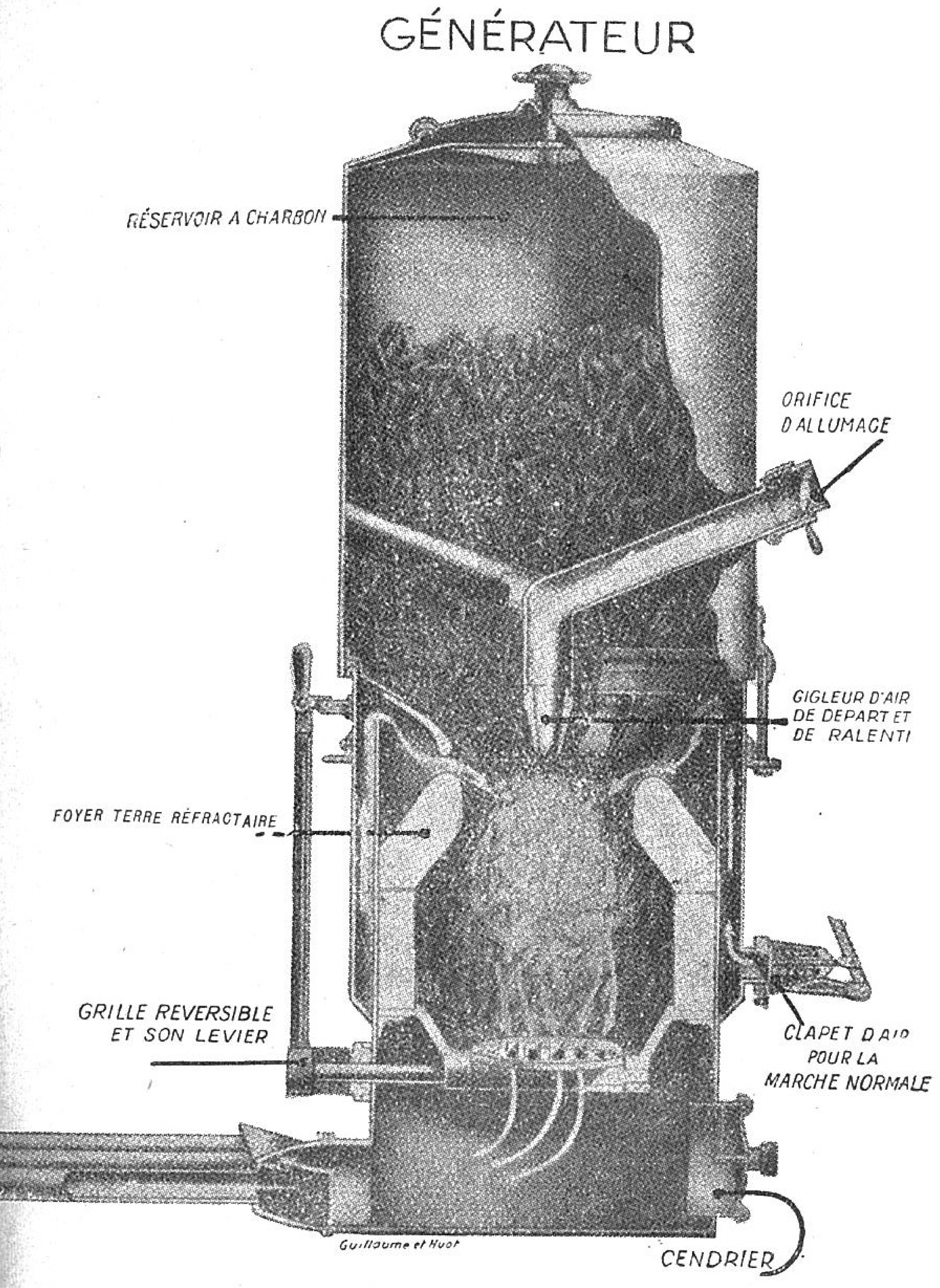


FIG. 21. — Gazogène Panhard. — Ensemble.



Epurateur, refroidisseur et générateur.

la vitesse, accrue dans le rétrécissement du réfractaire, active la combustion.

78. FONCTIONNEMENT. — On voit que ce gazogène fonctionne par tirage renversé; charbon de bois et gaz cheminent tous les deux dans le même sens. Dans la trémie; le charbon abandonne le peu d'eau qu'il contient. (*zone de séchage*). La section rétrécie constitue *la zone de combustion*, tandis que, dans la zone inférieure, le gaz carbonique et la vapeur d'eau sont réduits. *La zone de réduction* est élargie : la vitesse de passage du gaz diminue et la réduction se produit plus complètement. Le gaz passe ensuite dans le cendrier pour se rendre au refroidisseur.

79. LE REFROIDISSEUR procède par contact des gaz chauds avec une paroi métallique très développée, formée d'une série de tubes de petit diamètre, réfrigérés par des filets d'air frais qui se renouvellent constamment pendant la marche. Ces tubes sont soudés sur deux collecteurs fixés l'un au cendrier, l'autre à l'épurateur. Pour les nettoyer, il suffit, après avoir ouvert les portes de cendrier du générateur, soit de passer un écouvillon dans les tubes, soit de souffler dans les tubes avec le gonfleur.

Dans les modèles les plus récents, le faisceau tubulaire est supprimé et remplacé par un gros tube qui fait le tour du véhicule sous le châssis (Voir § 49, 2° p. 51).

L'ÉPURATEUR (fig. 21 et 22) se compose d'un corps en tôle rempli jusqu'à mi-hauteur de morceaux de coke M de la grosseur d'un œuf. Ce coke repose sur une grille S en plusieurs pièces; elle peut s'escamoter en dévissant la vis de retenue R.

Dans la partie supérieure du corps est ménagée une cavité limitée sur deux côtés par un cloisonnement vertical et, vers le bas, par le plan incliné K; cette cavité reçoit le *filtre-toile* monté sur un tube central de départ de gaz.

Ce filtre se compose d'éléments B ou coquilles de toile métallique recouvertes de toile serrée; un tissu pelucheux empêche le contact direct de la toile filtrante et de la toile métallique. Les éléments B sont assemblés au moyen d'entretoises C et le tout est serré au moyen de tiges et d'écrous.

Le gaz venant du refroidisseur pénètre dans le bas de l'épurateur et abandonne les grosses poussières qu'il peut contenir ; il traverse ensuite la grille, le coke, heurte la paroi K et monte jusqu'en haut de l'épurateur par les intervalles compris entre la paroi extérieure et les cloisonnements formant

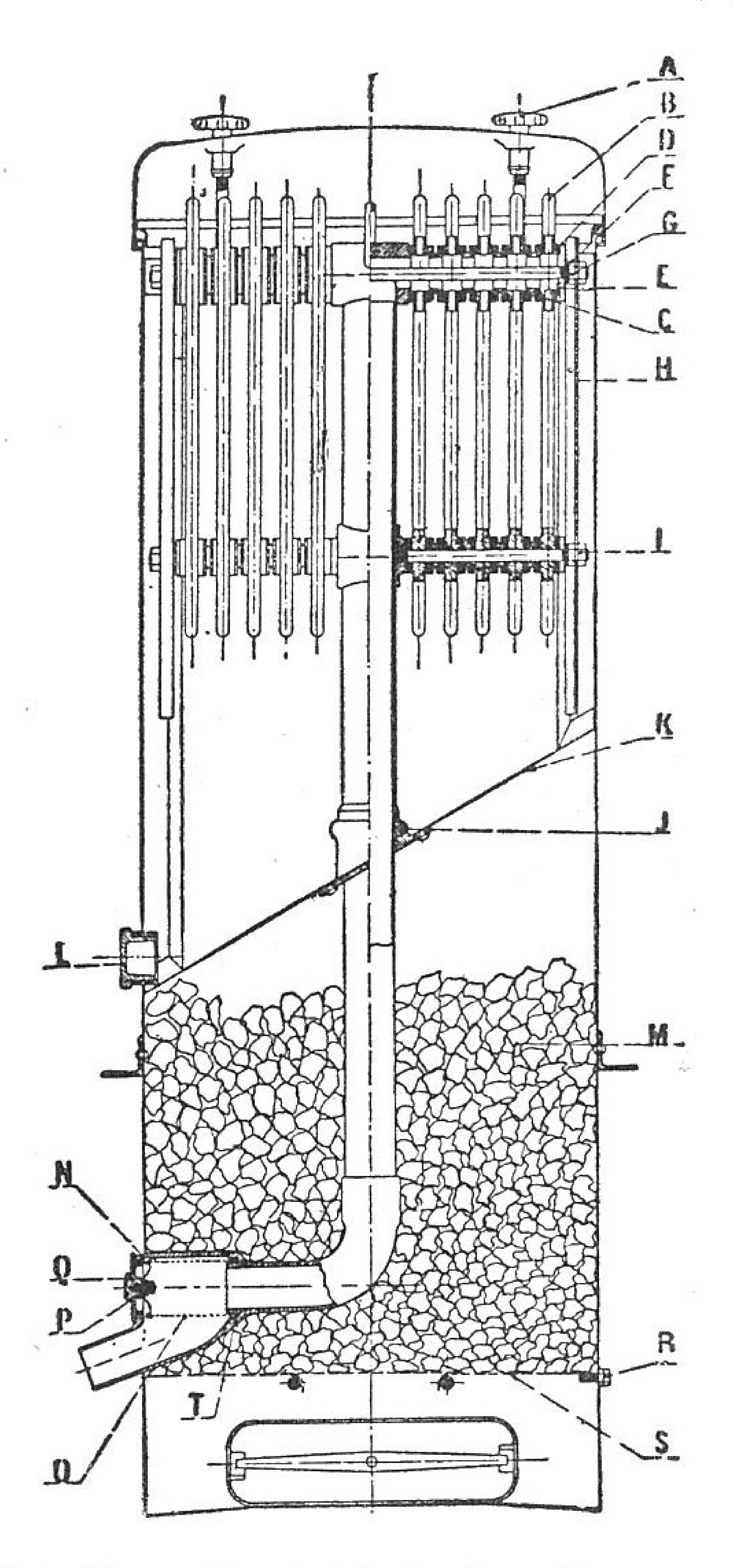


FIG. 22. — Gazogène Panhard. — Epurateur.

la cavité du filtre; il redescend dans cette capacité, traverse les éléments filtrants, passe dans le tube central et se rend au mélangeur après avoir traversé le filtre de sécurité O, logé dans un élargissement du tube central.

Nous avons indiqué (Voir § 52, 7°, p. 60) le rôle et la constitution du filtre de sécurité ; en aucun cas, on ne doit marcher sans qu'il soit en place; on le démonte, pour le nettoyer, en manœuvrant l'écrou P.

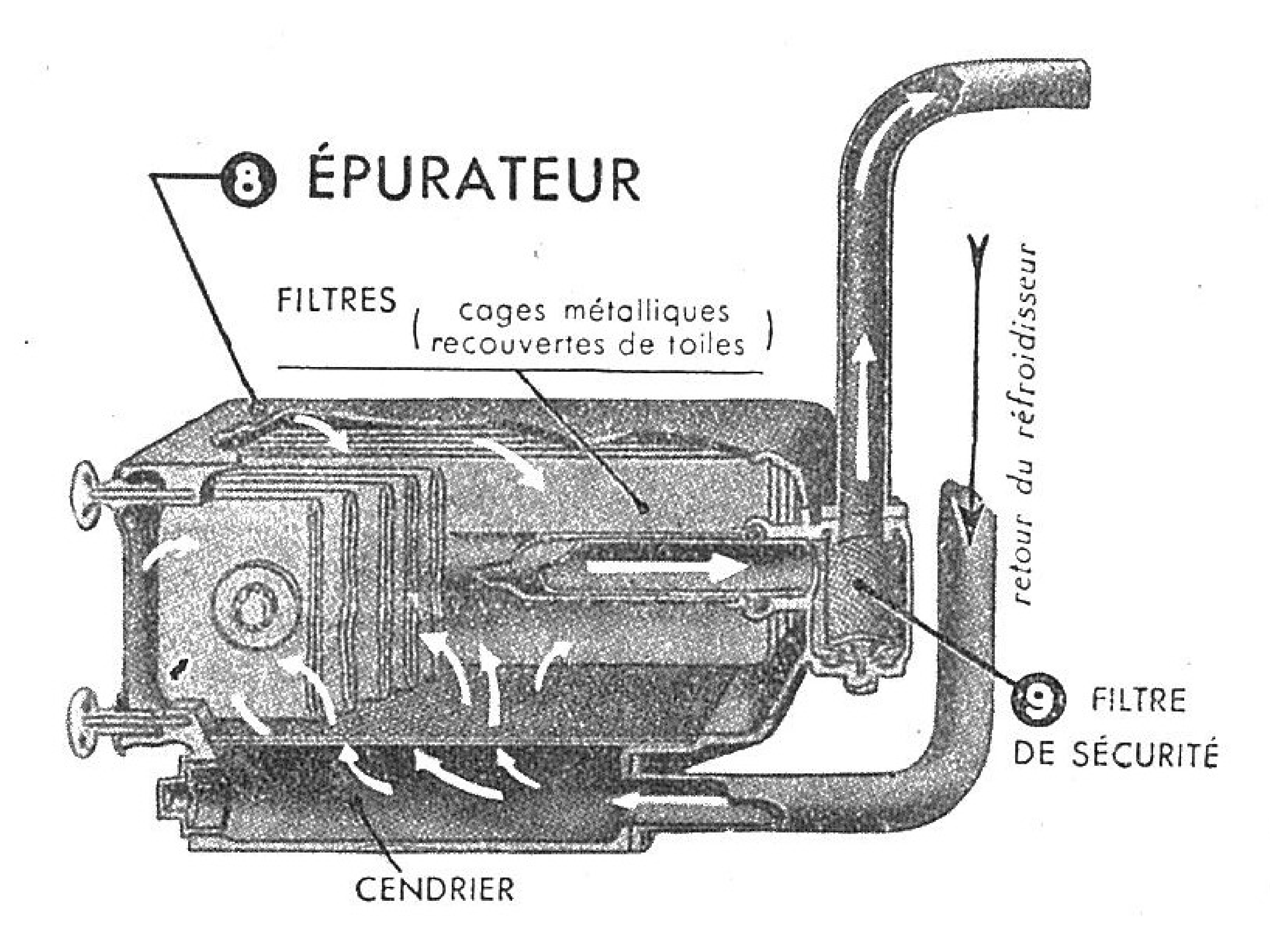


FIG. 23. — Gazogène Panhard. — Epurateur (modèle simplifié).

Les poussières qui tombent des éléments filtrants sont recueillies sur le plan incliné et on peut les extraire par le bouchon L; au bas de l'épurateur, une porte permet le ramonage des tubes du refroidisseur et l'enlèvement des cendres de l'épurateur.

Dans les appareils récents, le constructeur a supprimé le coke de l'épurateur qui est ainsi beaucoup moins volumineux et moins lourd (fig. 23) ; les filtres-toiles sont logés dans un caisson de faible hauteur formant marchepied. Il est bon de mettre une couche de poudre de liège sur le grillage que traverse le gaz avant son filtrage sur les toiles.

81. MÉLANGEUR. — Les organes d'admission comprennent (fig. 24) :

1° *Le robinet à trois voies*, de passage du mélange tonnant : il est fixé sur la tubulure d'admission au moteur; *son boisseau A*, creux, présente une fenêtre latérale qui peut mettre le moteur en communication soit avec le carburateur à essence B (manette dans la position *b*), soit avec le mélangeur C (manette en *a*, position de la figure).

Le papillon régulateur i, commandé par un limitateur automatique de vitesse, empêche le moteur de s'emballer.

2° *Le mélangeur à ralenti automatique*, composé d'un corps C portant deux branches : le gaz arrive par la branche *g*, l'air par la branche *h* ; la quantité d'air admise est réglée par le boisseau *f*, commandé par une manette placée devant le conducteur. Le réglage de la puissance s'effectue par le papillon *e*, quand on marche au gaz, ou par le papillon *n*, quand on marche à l'essence; ces deux papillons sont

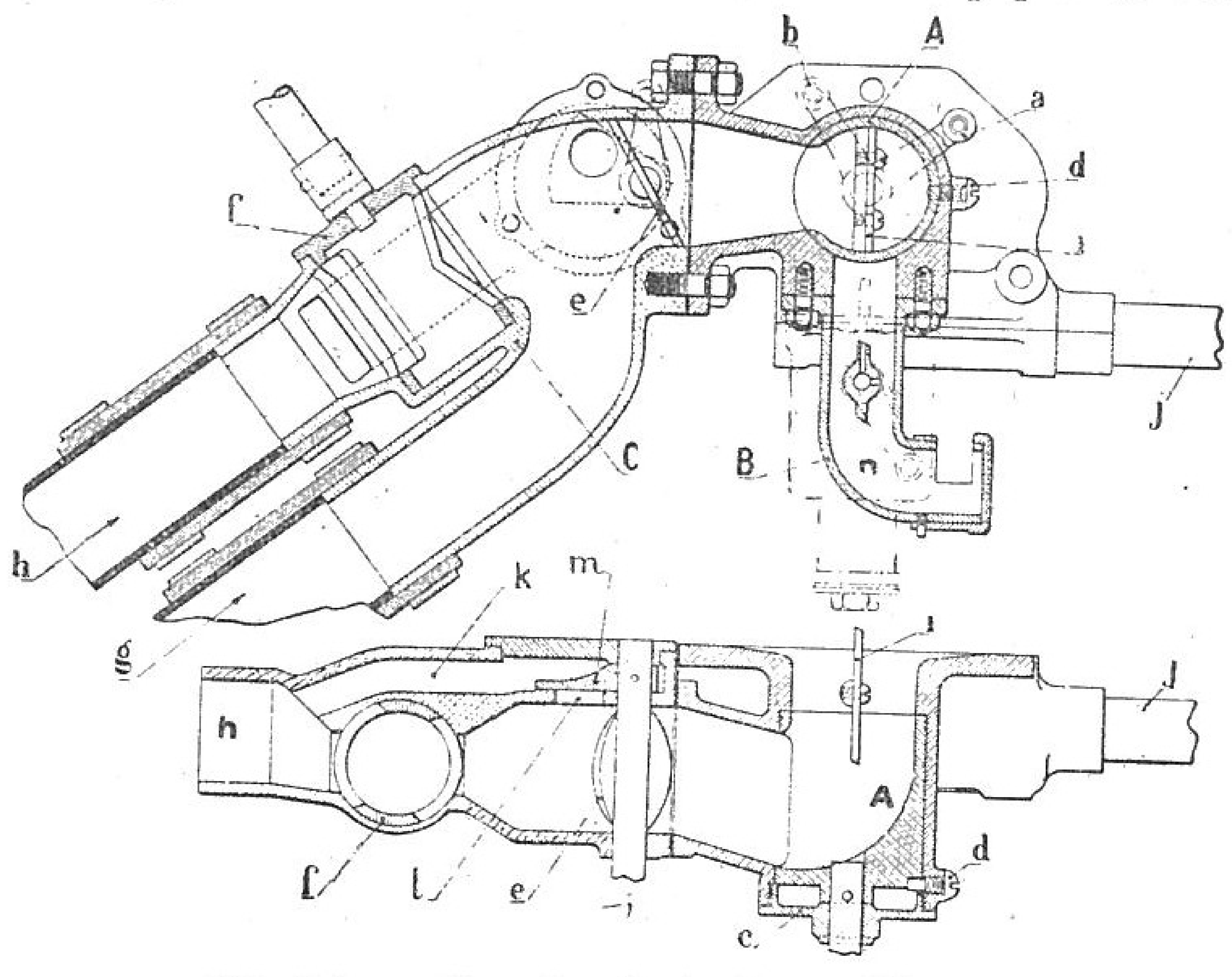


FIG. 24. — Gazogène Panhard. — Mélangeur.

rendus solidaires par un système de leviers non représenté ; ils sont manœuvrés en même temps par la pédale d'accélérateur.

Un obturateur *m*, fixé sur l'axe du papillon d'admission *e*, ferme le canal *l*, au ralenti (pour avoir un mélange plus riche) et l'ouvre pour la marche à plein gaz.

82. LES COMMANDES permettent d'effectuer, depuis le siège du conducteur, les opérations suivantes :

Marche au gaz ou à l'essence, ralenti du moteur, réglage du mélange air-gaz.

Le conducteur a devant lui, outre les commandes habituelles d'une voiture, *deux manettes et un bouton central.* Une de ces manettes se meut devant un secteur où sont portées les indications « ess » et « gaz »; elle commande le robinet à trois voies A (fig. 24). Normalement, elle doit être poussée à fond sur « gaz »; elle est poussée à fond sur « ess » quand on démarre à l'essence, faute de quoi le démarrage serait très difficile, des rentrées d'air ayant lieu par le mélangeur. Entre ces deux positions, le boisseau permet d'aspirer un mélange contenant un peu d'essence (en côte, par exemple), seulement, il faut prendre garde de ne pas vider le réservoir d'essence, qui ne contient généralement qu'une quantité très limitée de carburant.

Sur la même manette, une tige commande également l'anneau porte-cames de la magnéto qui ajoute de l'avance à l'allumage pour la marche au gaz, la retire automatiquement pour la marche à l'essence ou la diminue quand on enrichit le gaz avec de l'essence : on élimine ainsi les risques de retour de manivelle à la mise en marche.

La deuxième manette règle la quantité d'air à mélanger au gaz : elle agit sur le boisseau *f* (fig. 24), elle se déplace sur un cadran gradué de zéro (air fermé) à 10 (air ouvert en grand) ; en général, le meilleur réglage correspond à la division 4 ou 5 du cadran. Si, en marche normale, on doit fermer l'air (rapprocher la manette du zéro), c'est qu'il existe, quelque part, une prise d'air intempestive qu'il faut rechercher et supprimer au plus vite.

Le bouton central règle la vitesse de ralenti du moteur.

83. ALLUMAGE DU GAZOGÈNE. — Le gazogène est rempli de charbon de bois en morceaux de 2 à 7 cm. de long sur 1 à 4 cm. de section.

Après avoir versé le charbon, il est bon de le tasser avec un ringard, pour détruire les voûtes qui se seraient éventuellement formées. On ferme ensuite les portes en les serrant à bloc, après avoir bien nettoyé les portées qui forment joint.

Pour allumer, on met en route l'aspirateur électrique et on présente une torche enflammée à l'entrée de la tuyère. L'allumage est à peu près instantané. Au bout de deux à trois minutes, la torche est présentée au refoulement de l'aspirateur, le gaz doit flamber en ronflant avec une belle flamme

bleuâtre. Si la flamme reste pâle et sans vigueur, c'est qu'il y a probablement une voûte au-dessus du foyer : la briser avec le ringard.

84. DÉPART AU GAZ. — Le gaz étant reconnu bon, on peut partir au gaz : fermer l'air avec la manette correspondante quand l'aspirateur est arrêté et l'autre manette étant sur « gaz », mettre le contact d'allumage, lancer le démarreur, accélérer à fond et, en même temps, ouvrir progressivement l'air du mélangeur. Le moteur part habituellement quand la manette est sur la division 4 ou 5 de son secteur.

85. DÉPART MIXTE. — Préparer le gaz comme d'habitude et, quand il est bon, arrêter l'aspirateur et fermer l'air du mélangeur; placer la manette « essence-gaz » sur « essence », mettre le contact d'allumage et lancer le démarreur, accélérer le moteur, amener la manette sur « gaz », ouvrir lentement la manette « air » : vers la division 4 ou 5, le moteur tourne sur le gaz. Si l'on ne réussit pas, revenir rapidement sur l'essence, pour éviter un nouveau départ sur la batterie; emballer le moteur et essayer de passer sur le gaz ; l'action sur l'accélérateur a pour but d'activer le foyer par l'aspiration très active du moteur sur le générateur.

Il n'y a pas à se préoccuper de l'avance à l'allumage, celle-ci est commandée par la manette « ess-gaz ».

86. ALLUMAGE DU GAZOGÈNE ET DÉPART A L'ESSENCE. — Ce procédé ne s'emploie que si la batterie est faiblement chargée : placer la manette sur essence et fermer l'air; lancer le moteur (à la main) et le laisser chauffer, car on va devoir l'emballer; régler, avec le bouton central, le ralenti rapide et placer le robinet à trois voies sur mixte : présenter une flamme au starter pour allumer quelques charbons et monter sur le siège; revenir sur essence, accélérer et passer sur « gaz » : l'aspiration se fait sur le starter et le foyer grossit, mais comme il est incapable encore de donner du gaz, le moteur ralentit; avant qu'il soit arrêté, revenir sur essence pour l'emballer à nouveau, repasser sur gaz et ainsi de suite; quand on le juge possible, on ouvre légèrement l'air : si le moteur s'emballe, le gaz est bon; on règle alors l'air en accélérant à fond, puis on règle le ralenti sans accélérer.

87. SUR LA ROUTE. — Au départ, tourner quelques minutes sur le starter-gaz, pour bien allumer le foyer, puis ouvrir, avec la tirette spéciale, l'entrée principale d'air primaire.

On emploie le starter-gaz dans les cas suivants :

1° Au départ et pendant les ralentis prolongés.

2° Au début d'une côte, on peut également s'en servir quelques instants pour ranimer le foyer. Il ne doit pas être utilisé quand on marche à pleine puissance : l'air primaire serait trop freiné par le faible diamètre du trou et on s'exposerait, en outre, à voir le feu remonter dans la trémie, la tuyère et le déflecteur seraient détériorés.

3° On s'en sert encore dans les longues descentes, en même temps qu'on réduit l'air secondaire, pour maintenir le gazogène bien allumé.

Le réglage de l'air secondaire se fait avec la manette « air » en appuyant à fond sur l'accélérateur; pour mettre au ralenti, il suffit de lâcher l'accélérateur.

La vitesse du moteur au ralenti se règle avec le bouton molleté placé entre les deux manettes, sans toucher à la manette d'air : un ralenti rapide pourra gêner un freinage éventuel, mais un ralenti trop lent pourra être la cause d'un calage du moteur quand on lâchera l'accélérateur.

88. MISE EN VEILLEUSE. — Pour mettre le gazogène en veilleuse, il suffit d'ouvrir très légèrement la porte du cendrier et de tourner le collier qui entoure l'embout extérieur du starter, afin de découvrir les fentes ménagées dans cet embout; le foyer est maintenu allumé par tirage direct. Avant de repartir, on fermera les fentes, on agitera la grille et on mettra l'aspirateur en marche pendant quelques minutes.

La mise en veilleuse d'un gazogène, qui ne présente pas un grand intérêt, est rarement utilisée par les conducteurs (Voir cependant § 93-8°).

89. CHARGEMENT. — Si le gazogène est vide, l'emplir de charbon de bois au calibre indiqué ci-dessus. Pour refaire le plein, le gazogène étant allumé, il est recommandé de laisser tourner le moteur afin d'éviter toute émanation de gaz par la porte de chargement. Avant de refermer la porte, on fait descendre le charbon avec un ringard, mais sans pilonner.

Eviter de se pencher sur l'ouverture de chargement au moment où elle vient d'être ouverte. A ce moment, en effet, la trémie contient exclusivement du gaz qui explose au contact de l'air et peut provoquer des brûlures.

90. ENTRETIEN :

1° *Chaque jour*, le matin, avant le départ, vider le cendrier du générateur avec une raclette en secouant la grille ; dans la journée, il est bon de secouer une ou deux fois la

grille, mais il n'est pas nécessaire de sortir les cendres, sauf si l'on craint, avec du charbon cendreux, que la grille et les tuyaux refroidisseurs se bouchent.

2° *Chaque semaine, ou après* 1.500 *km.*, nettoyer l'extérieur des appareils (enlever la poussière, la boue, à la brosse ou à la lance, quand le gazogène est refroidi. Vider le cendrier de l'épurateur ; passer l'écouvillon dans les tubes refroidisseurs (ancien modèle) ; démonter le filtre de sécurité et l'examiner à la lumière ; s'il présente des régions encrassées, il faut rechercher l'endroit où le gaz non épuré a pu passer pour venir au filtre; cela peut provenir :

a) D'un mauvais serrage des filtres-toiles; sortir le filtre, enlever les cornières de guidage H (l'écrou extérieur I, fig. 22, n'est qu'un contre-écrou) et resserrer les écrous G;

b) D'un joint de pied de filtre J (fig. 22) en mauvais état; ce joint est constitué par deux ou trois rondelles de feutre de 10 mm. d'épaisseur, enduites légèrement de graisse Belleville ;

c) D'un trou dans la toile (Voir, plus loin, comment faire la réparation).

Pour nettoyer le filtre de sécurité, il suffit de le frapper légèrement sur un objet dur, ou de le soumettre à un jet d'air.

Chaque semaine encore, il faut vider et nettoyer le foyer (plus souvent si le charbon est poussiéreux ou de qualité médiocre).

Si des scories sont attachées aux parois, un peu au-dessous de l'étranglement, il faut démonter la trémie (dévisser les écrous d'assemblage) et enlever les scories au burin; on vérifie en même temps l'état du déflecteur et de la garniture réfractaire; si besoin est, refaire celle-ci avec un mortier réfractaire, remplir les fissures de coulis réfractaire; le diamètre de l'étranglement est de 180 ou 220 mm., selon les moteurs.

3° *Chaque mois* (*ou après* 2.500 *km.*), vérifier et nettoyer l'épurateur.

a) Le coke n'a pas à être nettoyé et surtout pas lavé ; son niveau ne doit pas dépasser le point le plus bas du plan incliné K (fig. 22) ; si le coke s'est tassé, on peut en ajouter; le coke ne doit pas être trop fin, car il arrêterait trop de poussières, ne laissant passer que les plus fines et celles-ci formeraient sur les filtres une couche imperméable ;

b) Le filtre : sortir l'ensemble des toiles et frapper doucement la tubulure centrale sur une pièce de bois dur pour faire tomber la majeure partie de la couche de poussière; achever

le nettoyage autant que possible avec un aspirateur (l'usage d'une brosse, d'un gonfleur, provoque une poussière abondante, peu agréable). L'examen du filtre peut donner de précieuses indications : le dépôt normal est gris, à grains grossiers, il est perméable au gaz jusqu'à une épaisseur assez forte, telle qu'il se détache de lui-même; un dépôt blanc, à grains fins, est anormal : il peut, sous une faible épaisseur, devenir imperméable au gaz; la cause de ce dépôt est qu'il ne se trouve pas assez de grosses poussières pour rendre le dépôt non adhérent. Cela peut provenir :

Soit d'un coke récemment changé, propre, un peu humide et filtrant trop bien le gaz ;

Soit d'une allure trop lente (période de rodage) ;

Soit d'un charbon humide, qui, joint à une température extérieure basse, produit des condensations dans l'épurateur et le coke s'humidifie.

Soit, enfin, d'un coke trop fin, trop tassé.

Tant que la manette d'air ne descend pas au-dessous de la division 3 en marche normale, il suffit, chaque mois, de retirer les poussières, par le bouchon L de l'épurateur (fig. 22), mais si la manette doit être à une division inférieure, vérifier d'abord le filtre de sécurité puis nettoyer le filtre-toile. Si cela ne suffit pas, il faut songer à une prise d'air (Voir § 61).

Au début de la mise en service, il est bon de vérifier le serrage des éléments car les rondelles, en se tassant, peuvent livrer passage à des poussières qui obstruent le filtre de sécurité; pour cela, sortir le filtre, dévisser les contre-écrous I (fig. 22), sortir les cornières H et serrer les écrous G.

Avant de remettre le filtre en place, enduire les rondelles J (fig. 22) de graisse Belleville.

91. CHANGER UN ÉLÉMENT DE FILTRE. — Une légère déchirure à une toile peut être réparée en collant une petite pièce de tissu (employer de l'hermétic). Si la déchirure est large ou si les toiles sont brûlées, il faut les changer; enfiler le sac de toile sur l'élément métallique, placer les entretoises dans leurs trous respectifs, rouler ensemble les bords libres de la toile et coudre par un point de surjet très serré. En remontant le filtre, il faut veiller à remettre les éléments et les rondelles dans l'ordre où ils étaient, de façon que les feutres collent bien.

Avec un filtre neuf, le filtre de sécurité se bouche fréquemment, car les toiles ne filtrent bien qu'après quelque temps

de marche et des poussières peuvent passer par les trous d'aiguille. Il faut bien se garder de marcher sans filtre de sécurité : celui-ci doit être nettoyé aussi souvent qu'il est nécessaire.

92. CHANGER UN JOINT DE REFROIDISSEUR. — Si l'on a dû déboulonner soit le gazogène, soit l'épurateur, il faut refaire le joint soigneusement avec un carton d'amiante de 2 mm. enduit, de chaque côté, de mastic au minium ou de graisse Belleville, gratter les surfaces métalliques, serrer les boulons progressivement et à bloc. On vérifiera l'étanchéité des joints comme il a été dit au paragraphe 61.

Si le générateur et l'épurateur ont été tous deux démontés, on remontera d'abord, sur le sol, le côté gazogène; on fixera ensuite celui-ci sur son support, puis on boulonnera l'épurateur sur le refroidisseur, enfin, on bloquera l'épurateur sur son support.

93. QUELQUES INCIDENTS :

1° *Le moteur refuse de passer au gaz :*

a) Le gaz ne flambe pas; manque de charbon, le combustible forme voûte, le foyer est mal allumé ou encrassé, le volet de l'aspirateur est fermé;

b) Le gaz flambe, mais ne se maintient pas allumé; charbon trop gros (voûte) ou mouillé;

c) La flamme est pâle, sans vigueur; foyer obstrué par les cendres (secouer la grille) ;

d) Le gaz flambe en ronflant et reste allumé ; il y a une rentrée d'air, le filtre de sécurité est bouché, la prise d'air secondaire (Voir fig. 24) est bouchée, une commande est détachée; vérifier aussi les bougies (écartement 0,5 mm., voir § 121, p. 133).

2° *Le moteur marche au gaz, mais, même après un certain temps de marche, manque de puissance.*

a) Le couvercle d'épurateur est brûlant; il y a une rentrée d'air (portes, couvercles mal fermés, joints mal faits, soudure mauvaise) ;

b) Si le couvercle est tiède (ce qui est normal), vérifier le filtre de sécurité, les toiles, les tubes refroidisseurs et leurs soudures sur les brides. Vérifier aussi les raccords en caoutchouc de la conduite du gaz entre épurateur et moteur : songer aussi que les bougies peuvent être en mauvais état, que l'avance à l'allumage peut être déréglée.

3° *Le moteur, après avoir tiré normalement, baisse de puissance ou tire irrégulièrement.*

a) Irrégularités périodiques ; charbon trop gros formant des voûtes ;

b) Mauvaise marche après le rechargement et irrégularités; charbon mouillé ;

c) La puissance baisse rapidement; la trémie est vide;

d) La puissance baisse en fin de journée : charbon fin ou cendreux (secouer la grille plusieurs fois par jour) ;

e) La puissance baisse beaucoup en fin de journée : rentrée d'air ou charbon fin ou cendreux ;

f) La puissance baisse après plusieurs jours de fonctionnement : foyer encrassé (Voir aussi 2°).

4° *Le moteur ne tient pas le ralenti ou reprend mal* : rentrée d'air, charbon mouillé.

5° *Le feu remonte dans la trémie* : joint de couvercle imparfait; le refaire pour éviter de brûler le déflecteur ; il se peut aussi que l'on ait oublié d'ouvrir l'entrée d'air principale.

6° *Les filtres se colmatent* : le charbon, trop humide, est à changer et ne peut être employé qu'après séchage.

7° *Le filtre de sécurité se bouche fréquemment* : les toiles sont en mauvais état, ou bien la rondelle qui forme le joint du pied de filtre (J, fig. 22) est mal remise ou mauvaise.

8° *Le matin, on trouve de l'eau sur les parois intérieures de l'épurateur* ; cette eau provient de l'humidité du charbon ; le soir, le foyer a continué à marcher pendant une heure ou deux, mais faiblement, sans réduire la vapeur d'eau formée ; il suffit, pour empêcher ces condensations, de mettre le gazogène en veilleuse (Voir § 88) : la vapeur entraînée par tirage direct sort par les fentes de la tuyère ; la dépense est de 1 à 2 kg. par nuit.

III. — GAZOGENES A CHARBON DE BOIS ADMISSION D'AIR PAR TUYERES

A. TUYÈRES A REFROIDISSEMENT PAR CIRCULATION D'EAU

Type Gohin-Poulenc

94. DESCRIPTION. — Le générateur (fig. 25) comprend :

1° *Le réservoir* R en tôle mince, dans lequel le combustible reste froid ; à la base du réservoir, une fente, fermée par une porte P, permet le passage d'une tôle-registre qui retient la réserve de combustible lors d'un décrassage.

2° *Le foyer* F, en tôle épaisse, avec ailettes extérieures de refroidissement.

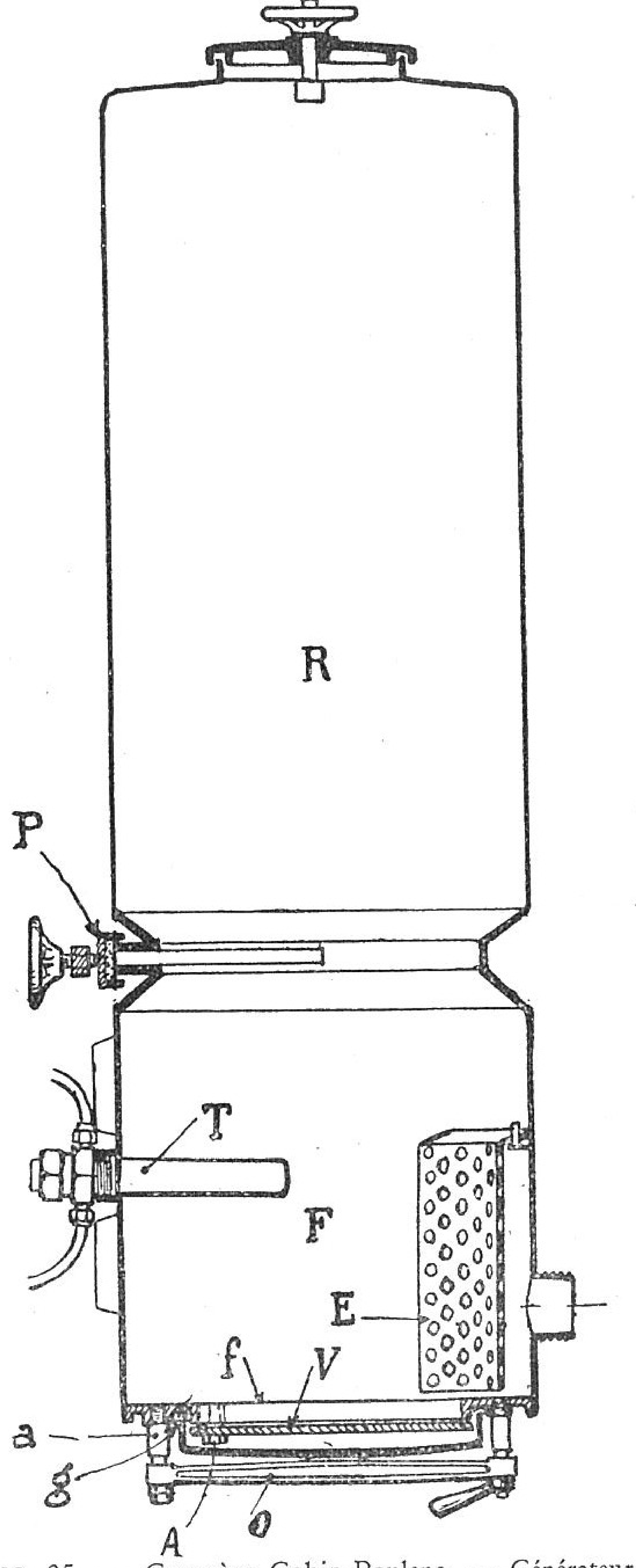


FIG. 25. — Gazogène Gohin-Poulenc. — Générateur.

3° *La tuyère* d'entrée d'air T (Voir détails, fig. 26) ; cette tuyère en cuivre et bronze est vissée dans un manchon soudé à la tôle du foyer. Elle pénètre au cœur même du foyer, ce qui l'expose à être brûlée ou fondue ; aussi est-elle à double paroi et la chambre annulaire est divisée par une cloison longitudinale : la partie inférieure reçoit l'eau froide du radiateur, cette eau est dirigée par la cloison jusqu'à l'extrémité de la tuyère, passe dans la chambre supérieure et retourne au radiateur (Voir fig. 29, coupe *xy*).

Lorsque le gazogène est logé dans la malle arrière (voiture de tourisme ou autobus), un petit radiateur, placé lui aussi dans la malle, assure le refroidissement de l'eau de la tuyère.

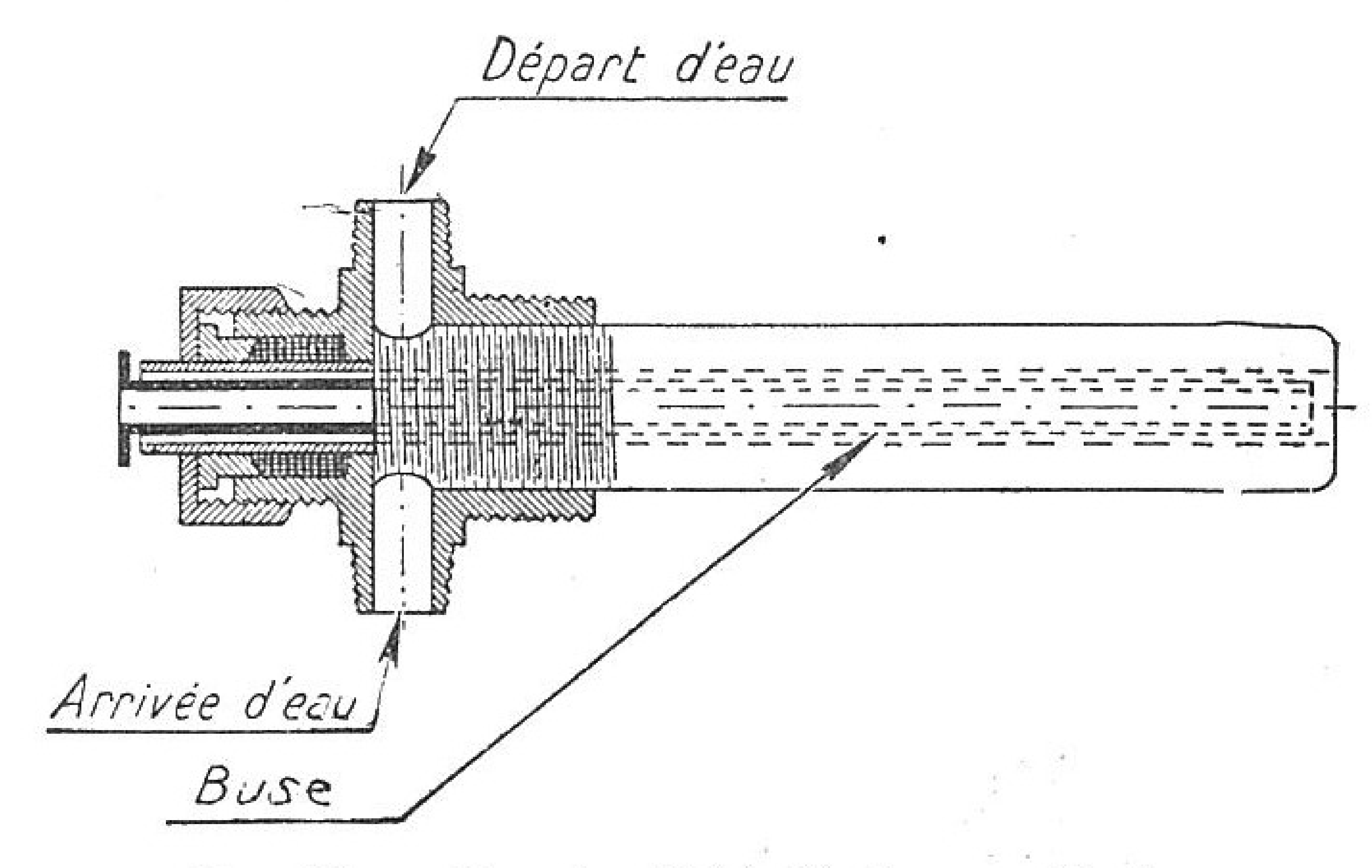


FIG. 26. — Gazogène Gohin-Poulenc. — Tuyère.

La tuyère a pour effet de centrer le foyer dans une région restreinte, d'entretenir dans cette région une température élevée favorable à la formation de l'oxyde de carbone. De plus, comme la vitesse de l'air est proportionnelle à la vitesse du moteur, le volume de charbon incandescent augmente, quand on accélère, et le foyer produit plus de gaz : la présence d'une tuyère améliore donc les reprises.

D'autre part, la zone en ignition est entourée de charbon de moins en moins chaud à mesure que l'on se rapproche de la paroi, et la tôle n'est pas en danger, aussi n'y a-t-il pas de garniture réfractaire.

4° *Le fond f* est une couronne en acier moulé soudée au foyer ; il est fermé par le registre de décrassage V qui peut pivoter autour de l'axe A. L'étanchéité est obtenue à l'aide de la porte étanche (gros trait noir) serrée sur la tresse d'amiante *g*

Cette porte est maintenue appliquée contre la tresse par l'étrier O, qui pivote autour de l'axe *a* et qu'on serre par la vis *v*.

Certains appareils comportent une tôle de fond soudée à la paroi cylindrique, les décrassages se faisant par une ouverture placée sous la tuyère et fermée par une porte à fermeture rapide. Il faut bien veiller à ce que cette porte soit toujours dans la même position et il est utile de faire des repères sur cette porte et sur sa portée.

5° *La plaque perforée E,* placée devant le départ du gaz, s'oppose à l'entraînement des cendres et des escarbilles.

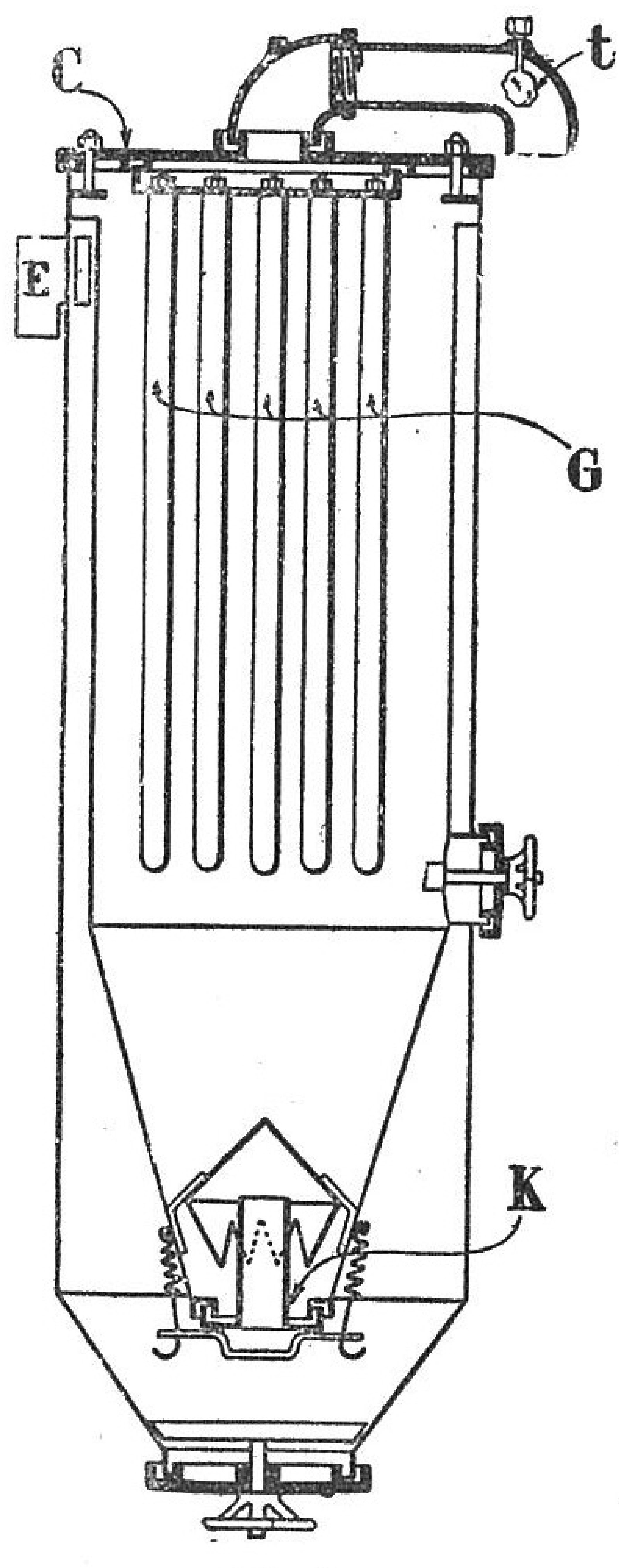
95. CHARGEMENT. — Le gazogène est chargé avec du charbon de bois en morceaux de 10 à 25 mm., mais il s'accommode très bien d'un mélange de charbon de bois de cette grosseur et d'anthracite en grains de 5 à 16 mm.

96. LE REFROIDISSEUR est constitué par des tubes de fort diamètre qui circulent autour du châssis et amènent le gaz dans une boîte à poussière, gros cylindre placé en travers du véhicule ; le gaz s'y détend, se refroidit et subit une première épuration par perte de vitesse.

D'après M. GOHIN, la température des gaz admis dans les filtres en toiles ne doit pas être inférieure à 70°, sinon des condensations de vapeur peuvent se produire et les toiles se colmatent. Aussi, l'hiver, raccourcit-on quelquefois le circuit des gaz à l'aide d'une canalisation « by-pass » qui permet d'obtenir une température suffisante pour éviter les condensations au départ.

97. LE FILTRE est constitué par une boîte métallique cylindrique ou rectangulaire à simple ou à double paroi, qui contient les toiles destinées à retenir les poussières en suspension dans le gaz.

La figure 27 représente un filtre cylindrique à double paroi ; le gaz pénètre tangentiellement dans l'espace annulaire et descend en tournant pour traverser ensuite en remontant le tube central K maintenu par des ressorts. Un cône en tôle le rabat vers une couche épaisse de matière épurante constituée essentiellement par un mélange de poudre et de menus grains de liège (additionné parfois de farine) ou de granules de charbon de bois. Ce mélange, en général neutre, peut, si l'on se trouve en présence d'un gaz chimiquement impur, lorsque, par exemple, on emploie de l'anthracite de qualité inférieure, être composé spécialement pour agir par combinaison sur les éléments indésirables qu'il convient d'éliminer.



Epurateur Gohin-Poulenc

G couvercle du filtre.
E entrée du gaz.
K champignon plein de matière filtrante.
G ensemble de cadres garnis de toile filtrante
t témoin sur le tube de sortie du gaz.

FIG. 27. — Gazogène Gohin-Poulenc. — Epurateur.

Le gaz traversant la couche de matière épurante se mêle intimement à celle-ci, la soulève, la brasse énergiquement et abandonne ses poussières les plus ténues.

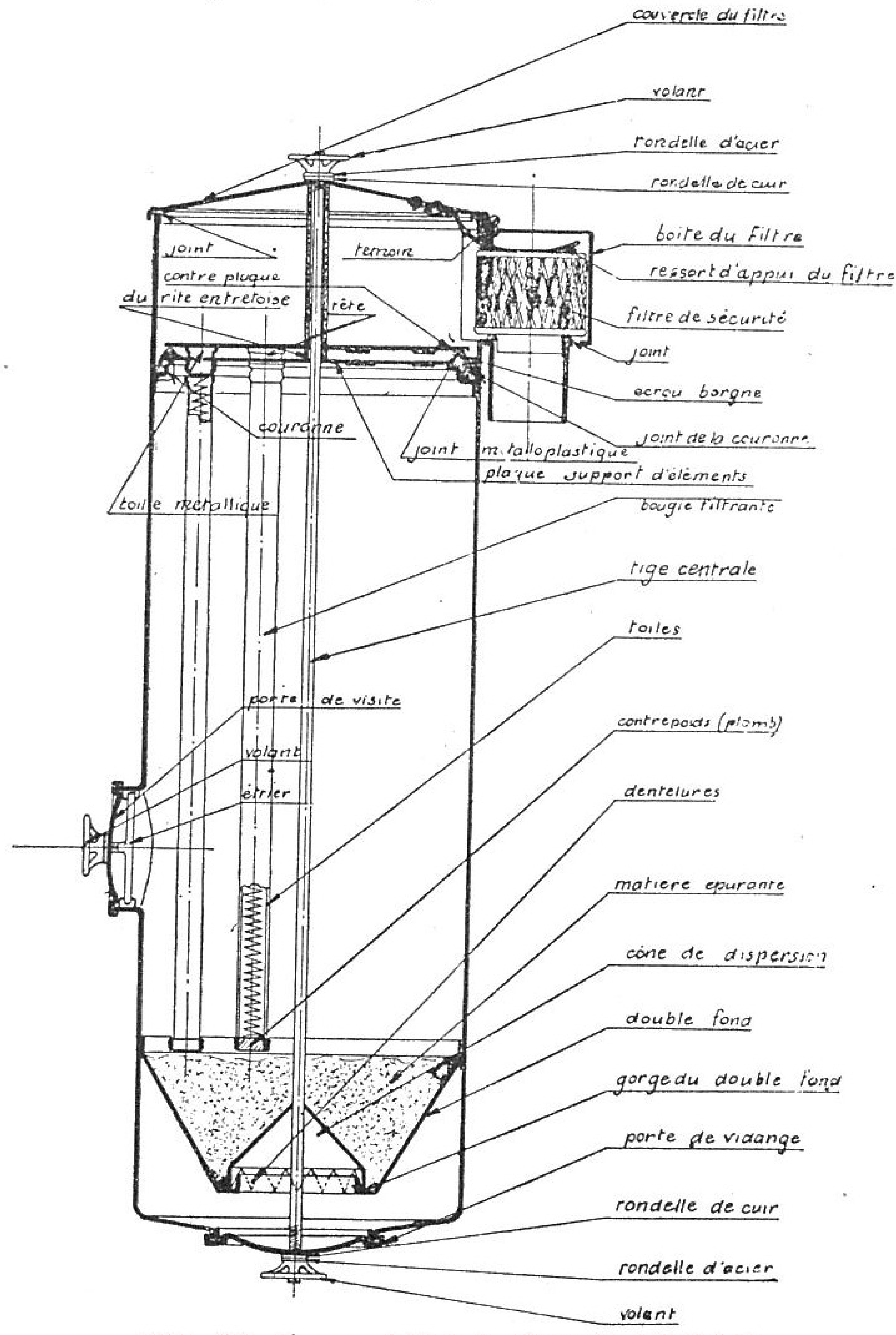


FIG. 27 *bis.* — Filtre à éléments tubulaires.

Les toiles qui revêtent les éléments filtrants C retiennent aisément les particules plus importantes qui se déposent sur elles pour constituer un revêtement poreux très efficace contre le colmatage.

Sous l'action de la trépidation du véhicule, des cahots et de l'élasticité des cadres métalliques des éléments filtrants C, le dépôt de matière épurante se désagrège pour se reformer de nouveau, condition essentielle d'une bonne filtration.

Le gaz traverse encore un filtre de sécurité en toile métallique avant de se rendre au mélangeur.

Le tampon d'ouate *t* sert de témoin : s'il se salit, le conducteur est averti que les toiles sont en mauvais état.

FILTRE A ÉLÉMENTS TUBULAIRES

Description. — Les éléments tubulaires ou bougies souples sont fixés sur une plaque perforée ; chacun d'eux comprend une tête en métal à laquelle est attachée la bougie proprement dite qui est un tube en toile filtrante. Un plomb fixé au bas de la bougie la maintient tendue. Une carcasse en fil souple tient les parois du tube écartées. La tête de bougie a un rebord sur lequel repose une rondelle de toile métallique qui joue le rôle d'antiretour de flamme.

Pour empêcher les bougies de sortir seules de leur logement, une deuxième plaque perforée les maintient en place.

Une tige centrale fixe à la fois la porte de vidange, le cône de dispersion soutenant la matière épurante, la plaque tubulaire porte bougies, la plaque tubulaire serrant les têtes de bougies et le couvercle.

Une porte latérale permet de visiter l'intérieur du filtre.

Nous avons vu que pour filtrer le gaz il fallait le faire barboter dans la matière épurante qui, entraînée par lui, venait se déposer sur les bougies filtrantes pour retomber ensuite avec la poussière en excès.

DÉMONTAGE ET ENTRETIEN

I. — *Ouvrir le filtre.* — Pour ouvrir le filtre, enlever successivement le volant du haut, la rondelle d'acier, la rondelle de cuir, puis le couvercle.

II. — *Nettoyer le filtre de sécurité.* — Pour nettoyer le filtre de sécurité, le plonger dans l'essence et le brosser avec soin. Le laisser sécher et avant de le remonter, le plonger dans l'huile propre, qualité courante pour moteurs, et l'égoutter. Un filtre bien huilé retient mieux les dernières traces de poussières et, les impuretés y adhérant beaucoup moins, son nettoyage à l'essence est des plus faciles.

III. — *Vider la matière épurante.* — Pour vider la ma-

tière épurante, ouvrir la porte du bas, en enlevant successivement le volant, la rondelle acier, la rondelle cuir et la porte proprement dite.

Vider la matière épurante en soulevant le cône de dispersion. Pour cela il suffit de tirer par sa partie supérieure la tige centrale.

IV. — *Remettre de la matière épurante neuve.* — Pour remettre de la matière épurante neuve, refermer la porte du bas, (veiller à ce que le cône de dispersion retombe bien dans la gorge à double fond), ouvrir la porte de visite latérale en dévissant le volant : l'étrier intérieur se dégage et la porte vient avec le volant. Ensuite charger de la matière épurante neuve par la porte de visite jusqu'à ce qu'elle atteigne le bas des bougies.

Refermer la porte de visite.

V. — *Remettre le couvercle.* — Faire porter le couvercle sur son joint et serrer le volant après avoir remis en place, d'abord la rondelle en cuir, puis la rondelle en acier.

VI. — *Démontage des bougies.* — Il n'y a lieu de procéder à cette opération seulement lorsqu'une bougie est détériorée. Le filtre de sécurité étant colmaté, et le témoin sale, on voit en enlevant le couvercle qu'un des grillages de protection des bougies est bouché par la matière épurante.

Pour enlever la bougie défectueuse, retirer la durite entretoise de la contre-plaque, enlever cette contre-plaque en repérant bien sa position par rapport à la plaque. La bougie s'enlève sans difficulté en la tirant par la tête.

Remettre une bougie neuve en opérant dans l'ordre inverse.

VII. — *Démontage du faisceau filtrant.* — Ce démontage que l'on n'effectue que fort rarement, pour repeindre l'intérieur du filtre par exemple, s'effectue de la façon suivante :

Démonter la contre-plaque comme au (VI), enlever la durite entretoise de la plaque support d'éléments, dévisser les écrous borgnes de la plaque support d'éléments en conservant avec soin les joints métalloplastiques, tirer avec précaution le faisceau filtrant vers le haut. Le remontage du faisceau filtrant s'opère de la manière inverse, en ayant soin que le bord du plateau porte éléments appuie bien sur le joint de caoutchouc de la couronne.

VIII. — *Entretien journalier du filtre.* — Chaque jour :

a) Vérifier la propreté du témoin.

b) Ouvrir la porte de visite et agiter les bougies pour en faire tomber la matière épurante adhérente. Les bougies n'ont jamais à être brossées.

IX. — *Entretien périodique.* — Chaque semaine démonter et nettoyer le filtre de sécurité. Quand la matière épurante devient grise, la changer (*en moyenne tous les* 1.500 *kms*).

X. — *Pannes.* — a) *Le filtre résiste et le gaz arrive mal au moteur.* — Cela peut provenir d'une matière épurante trop vieille (la changer), ou bien de l'humidité qui a mouillé les toiles des bougies. Le seul remède est de laisser sécher le filtre et la matière épurante en se servant du by-pass qui faisant arriver directement les gaz chauds au filtre, donnent à celui-ci la température (*tiède à la main*) qu'il doit constamment conserver. Refermer ensuite le by-pass quand une température suffisamment élevée est obtenue.

Il se peut que le gaz n'arrive pas et que ni la matière épurante, ni les toiles ne soient très humides quand on les examine par la porte latérale. Dans ce cas, l'humidité s'est cantonnée dans la gorge du double fond, où elle forme avec la matière épurante, une boue qui obstrue les dentelures du cône de dispersion. On s'en rend compte au toucher, en passant alors la main par la porte de vidange. Dans ce cas, vider la matière épurante, et, avant de la remettre, essuyer avec soin, par la porte du bas, la gorge du double fond et le cône de dispersion. Mettre ensuite le by-pass.

b) *La matière épurante s'abîme rapidement.* — Cela ne peut provenir que d'une insuffisance de quantité de matière épurante ou d'une température excessive qui la dessèche exagérément, lui donnant un aspect calciné caractéristique. Dans ce dernier cas, on ne peut pas tenir la main sur l'entrée du gaz au filtre. Voir s'il n'y a pas de rentrée d'air au gazogène, aux boîtes à poussières et aux tuyauteries, s'assurer en touchant les éléments refroidisseurs qu'il sont bien en circuit (*by-pass détérioré*), s'il n'y a rien de ce côté, ajouter un ou deux éléments refroidisseurs.

c) Par temps très froid, de même qu'on met le couvre radiateur, on doit mettre un couvre-filtre en toile cirée molletonnée.

98. LES ORGANES D'ADMISSION (fig. 28) comprennent : un carburateur de départ (non représenté) avec papillon, commandé par un accélérateur à main et un mélangeur formé par la réunion de deux conduites, une d'air, une de gaz. Le papillon A règle l'admission d'air, le papillon P règle l'admission au moteur : ces deux papillons sont commandés en même temps par la pédale d'accélérateur, suivant le dispositif de la figure 28. Le ressort de l'accélérateur tend toujours à fermer le papillon P, mais le ressort (1) tend à faire ouvrir le papillon

A, tandis qu'une butée (non représentée), déplaçable en marche depuis le siège, peut arrêter le papillon A et limiter le maximum d'ouverture de l'air.

Quand on accélère, le levier (2) du papillon d'air, sous la poussée du ressort (1), accompagne le doigt (3) monté sur l'axe (4) du papillon d'accélérateur. Le volet d'air s'ouvre jusqu'au moment où la butée l'arrête et, à partir de ce moment, la pédale d'accélérateur n'agit plus que sur le papillon P.

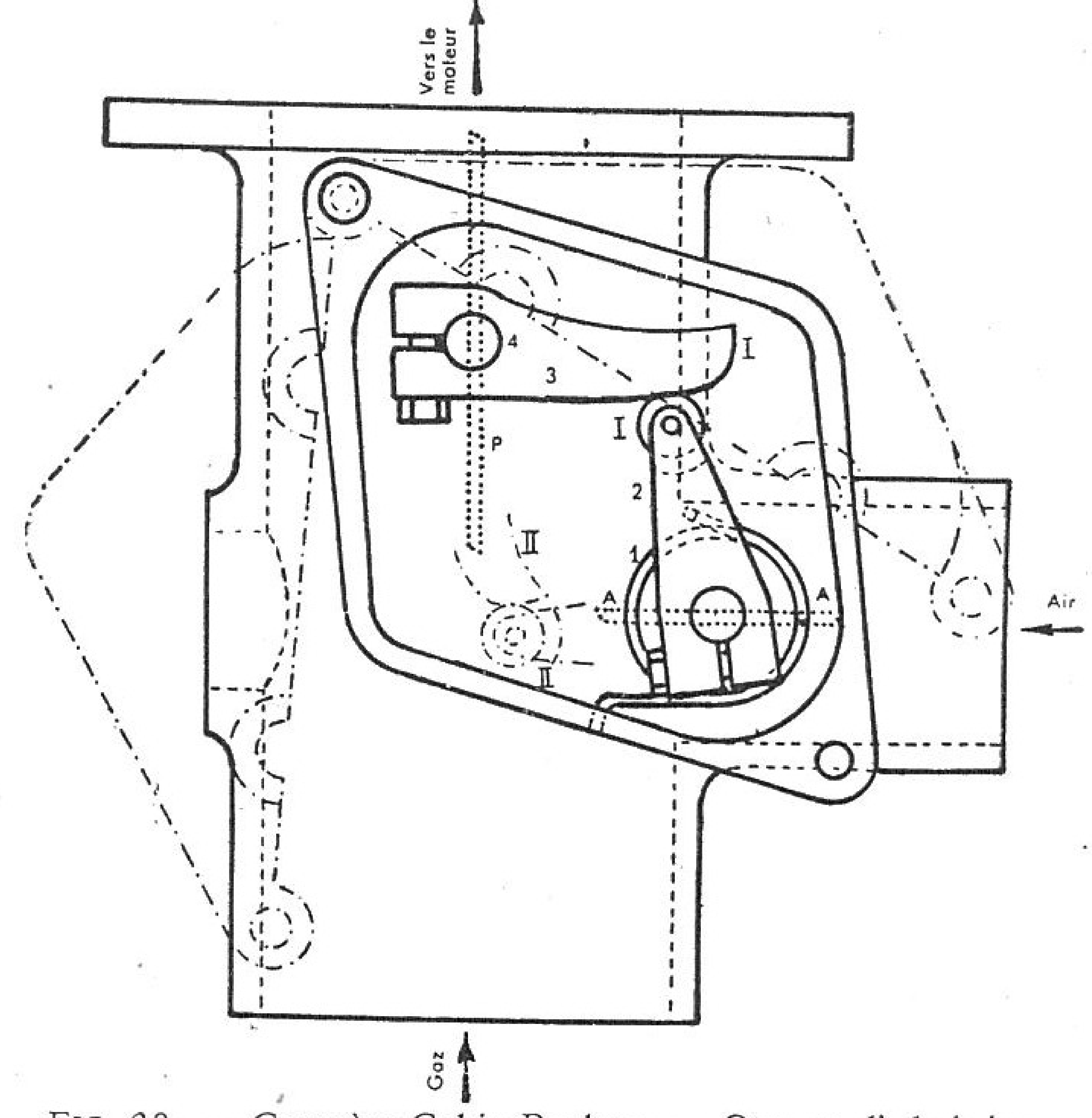


FIG. 28. — Gazogène Gohin-Poulenc. — Organes d'admission.

Quand, au contraire, on cesse d'accélérer, le papillon P se ferme d'abord seul, puis le doigt (3) entraîne le levier (2) et, à partir de ce moment, les deux papillons se ferment et sont ramenés ensemble à la position de ralenti.

Ce dispositif a été adopté par le constructeur pour deux raisons :

1° En limitant l'ouverture de l'air, le conducteur peut, à son gré, obtenir un mélange riche au moment où la résistance augmente (côte) ou obtenir un mélange pauvre pour la marche en palier.

2° En fermant l'air en même temps que le gaz, on évite le calage du moteur quand on passe au ralenti ; en effet, supposons le papillon d'air indépendant du papillon de mélange ; quand on lâche l'accélérateur, le papillon d'air reste ouvert, de sorte que l'air reflue vers les épurateurs, empêche l'arrivée du gaz et le moteur cale.

Le ralenti du moteur se règle à l'aide d'une manette spéciale qui commande une butée empêchant la fermeture complète du papillon P. Les butées de A et de P peuvent d'ailleurs être déplacées pour obtenir la fermeture complète des papillons.

99. ALLUMAGE ET DÉPART AU GAZ. — Le gazogène étant garni, on ferme complètement les volets A et P, on ouvre la vanne du ventilateur que l'on met en marche et on présente une torche à l'entrée de la tuyère. Au bout de quelques minutes, le gaz est bon, on cesse d'aspirer et on ferme la vanne ; on règle l'ouverture A, on donne un peu d'avance à l'allumage et on lance le moteur au démarreur pendant qu'on accélère de façon à aviver le foyer.

10. ALLUMAGE ET DÉPART A L'ESSENCE. — Il faut, cette fois, fermer le volet d'aspirateur et le volet d'air A et ramener l'avance à l'allumage à zéro. On lance ensuite le moteur à l'essence et, à l'aide de l'accélérateur à main, on fait tourner le moteur assez vite, puis, avec la manette de ralenti, on ouvre le papillon P et on présente une torche enflammée à l'entrée de la tuyère. Quand le foyer est allumé, on monte sur le siège et on accélère au pied, en maintenant toujours le volet d'air fermé. Dans ces conditions, le tirage augmente sur le foyer, mais le moteur reçoit trop d'air et il tend à caler. Avant qu'il soit arrêté, on lâche l'accélérateur au pied et on laisse se rétablir le régime normal, puis on accélère de nouveau, et ainsi de suite, jusqu'au moment où le moteur « emballe » au lieu de caler ; on peut alors ouvrir l'air, fermer l'essence et augmenter l'avance à l'allumage.

101. TUYÈRE DE RALENTI. — Avec une tuyère ordinaire, quand le moteur tourne lentement, le tirage sur le foyer est faible : le moteur tient mal le ralenti, car le feu n'est pas assez vif et les reprises manquent de vigueur. La figure 29 donne le schéma d'une tuyère GOHIN, spécialement étudiée pour obvier à cet inconvénient.

En A, la tuyauterie d'aspiration d'air primaire se divise en deux branches. La plus grande, B, amène l'air au foyer par le passage annulaire de la tuyère principale. La plus

petite, C, introduit l'air par une buse D, logée dans l'axe de la première. La tubulure B peut être fermée à l'aide d'un papillon E, commandé par la pédale d'accélérateur.

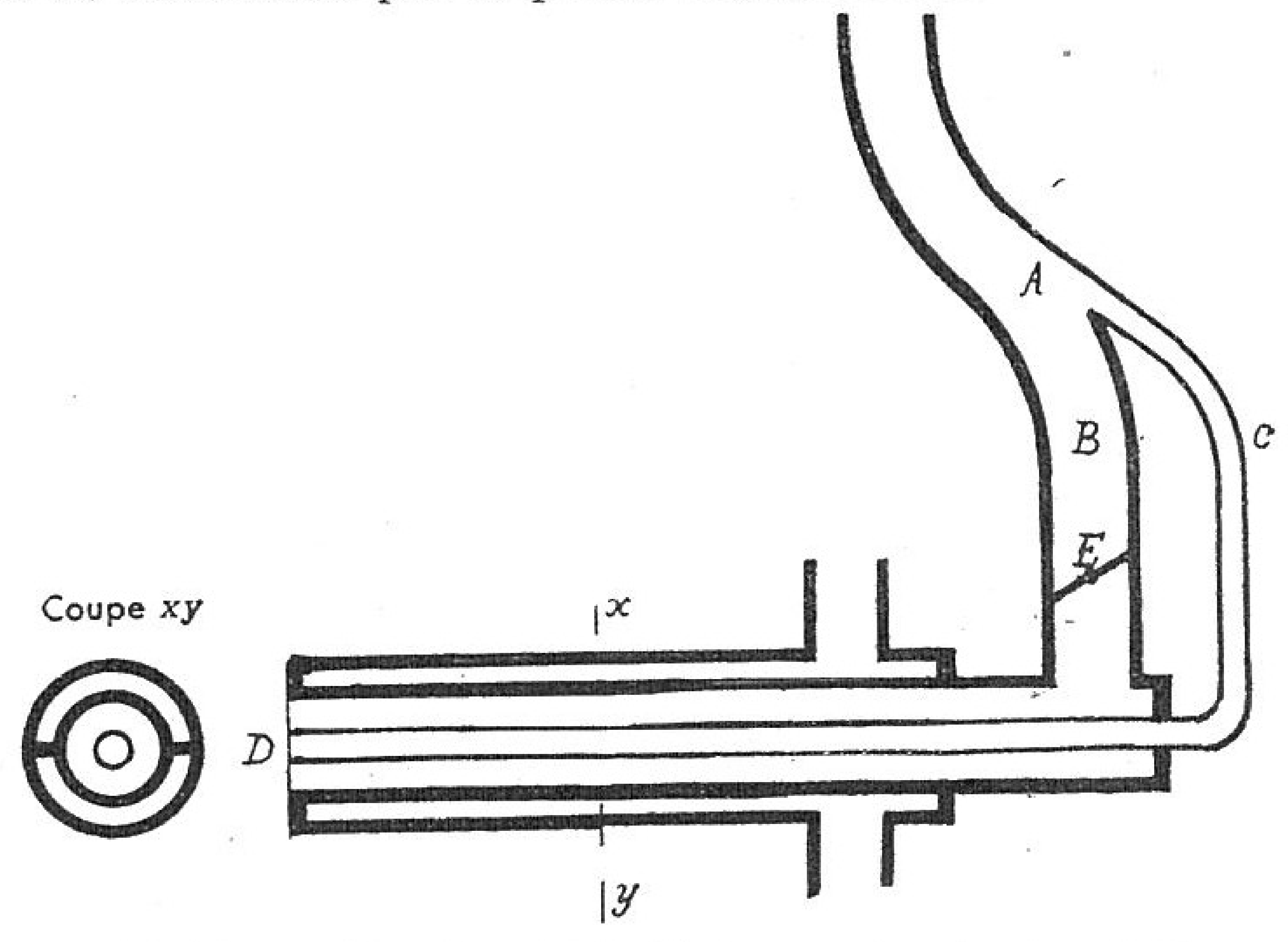


FIG. 29. — Gazogène Gohin-Poulenc. — Tuyère de ralenti.

En marche normale, c'est-à-dire quand on accélère, le papillon E est ouvert et l'air pénètre au foyer par la couronne annulaire et par la buse centrale D. Dès que l'on cesse d'accélérer, le papillon E se ferme et l'aspiration d'air se fait uniquement par la tuyère D, suffisante pour entretenir un foyer fournissant la quantité de gaz qui convient au ralenti. A la reprise, le papillon s'ouvre, l'air arrive en plus grande quantité et le foyer reprend très vite son activité normale.

102. ENTRETIEN. — *Deux fois par jour* : vérifier la propreté du tampon de coton qui sert de témoin.

Tous les matins : 1° décrasser le générateur, introduire la plaque registre par la fente fermée par la plaque P, puis ouvrir la porte inférieure du gazogène, sous lequel on a placé une caisse en tôle ; le foyer se vide ; piquer, par la tuyère, le laitier qui a pu se former, recommencer l'opération jusqu'à faire tomber le laitier et vérifier, à la main, que la tuyère est bien propre extérieurement. Sortir la plaque perforée E et la brosser avec une brosse métallique pour bien déboucher les trous ;

2° Changer le filtre de sécurité en toile métallique (non représenté sur la figure 20) ; il est bon d'avoir deux cônes, l'un

en service pendant que l'autre se nettoie dans l'essence. Ce filtre s'encrasse plus vite si on emploie un mélange de charbon de bois et d'anthracite.

Tous les deux jours : vider la boîte à poussières et vérifier l'état des toiles par la porte de visite à mi-hauteur de l'épurateur.

Tous les 1.000 km. : vérifier la matière épurante, enlever la couche supérieure formée de ce qui est tombé des toiles : changer la matière épurante si, en la prenant à la main, on sent qu'elle contient des grains à arêtes vives. Pour la changer ouvrir la porte inférieure du filtre et tirer sur la poignée de la tôle qui supporte la poudre : celle-ci tombe d'elle-même.

L'examen des toiles donne d'utiles indications sur le fonctionnement du filtre ; normalement, les toiles sont couvertes de matière épurante en couches épaisses, granuleuses, brunes : des toiles blanchâtres indiquent une matière épurante de mauvaise qualité, ou un remplacement tardif ; les toiles peuvent être colmatées par un gaz humide (charbon mouillé) ; dans ce cas, les sécher, les brosser avec une brcsse douce.

Les toiles sont maintenues sur un cadre par un quadrillage en fil émaillé ; lorsque les toiles d'un même sac se touchent, c'est que le fil est détendu ou cassé ; suivant le cas, le retendre ou le changer.

Tous les 3.000 km. : nettoyer les toiles (brosser ou aspirer) et nettoyer l'intérieur des tuyauteries avec un jet d'air (avec le gonfleur).

Tous les six mois : changer les toiles.

Il est très important de boucher avec un chiffon le tuyau de départ des gaz avant de brosser les toiles : on évite ainsi d'y laisser pénétrer des poussières qui, après remontage, pourraient être aspirées par le moteur.

103. INCIDENTS :

I. — *Le moteur ne tire plus comme au début :*

a) Le charbon est trop gros ou de mauvaise qualité ;

b) La tuyère est obstruée ; piquer le charbon par la tuyère, décrasser le foyer;

c) La plaque perforée est bouchée ; la nettoyer ;

d) Les toiles sont couvertes d'une couche trop épaisse de matière épurante (brosser ou nettoyer les toiles, à l'aide d'un aspirateur, changer la matière épurante) ;

e) Les toiles sont colmatées (charbon humide) ou se touchent (vérifier la tension des cadres) ;

f) La couronne annulaire du filtre ou les tuyauteries sont bouchées (les nettoyer au jet d'air).

II. — *La sortie de gaz rougit* :

a) Le charbon est trop gros ;

b) Il y a des rentrées d'air par les portes inférieure ou supérieure du générateur ;

c) Le laitier est trop gros ou mal descendu (décrasser) ;

d) Le combustible a formé une voûte (la briser avec un ringard) ;

e) La tuyère est trop grosse, le vent n'a pas assez de vitesse.

III. — *Les tuyères brûlent* :

a) Vérifier la circulation d'eau, la pompe, nettoyer le radiateur entartré ;

b) La tuyère contient de l'air ;

c) Par temps froid, un bouchon de glace peut obstruer les tuyaux (approcher un fer chaud pour faire fondre la glace, puis calorifuger la tuyauterie pour éviter le retour de l'incident). Il est bon, l'hiver, de vider le radiateur la nuit ; on ne doit vidanger la tuyère que quand le foyer est assez refroidi ;

d) Le joint de la tuyère est mauvais : une entrée d'air par le joint provoque un foyer secondaire, la tuyère et la tôle voisine peuvent brûler.

IV. — *Des poussières arrivent au moteur.* — Elles se décèlent par des dépôts blancs ou gris sur les bougies, sur la vanne du mélangeur, sur le tampon de coton ; elles sont dues à un filtre-toile mal monté ou percé.

V. — *Le moteur pétarade.* — Les pointes des bougies sont trop écartées et l'étincelle ne peut jaillir (les régler entre 3 et 5 dixièmes de millimètre) ; vérifier l'allumage.

VI. — *Le robinet à trois voies est grippé.* — Le démonter et enduire le boisseau de graisse Belleville.

B. — Tuyères a refroidissement par air

(*Type Gazauto*)

1° *Générateur.* — Le générateur, capacité étanche de forme généralement cylindrique, comprend à sa partie supérieure la trémie ou réservoir de combustible obturée par un couvercle de remplissage à fermeture rapide et à sa partie inférieure, le foyer.

Le foyer, dans lequel débouche la tuyère d'admission d'air, est limité par un panier grille qui repose sur une embase circulaire faisant corps avec l'enveloppe extérieure en tôle d'acier.

Ce panier grille en fonte spéciale comporte à sa base une partie mobile pour le décendrage ainsi qu'une ouverture avec porte permettant d'enlever les mâchefers et de vider le combustible lors du nettoyage complet du foyer.

La porte extérieure du foyer (munie d'un joint d'amiante graphitée) est bloquée sur le gueulard par un levier d'appui central, que commande une vis avec volant de serrage.

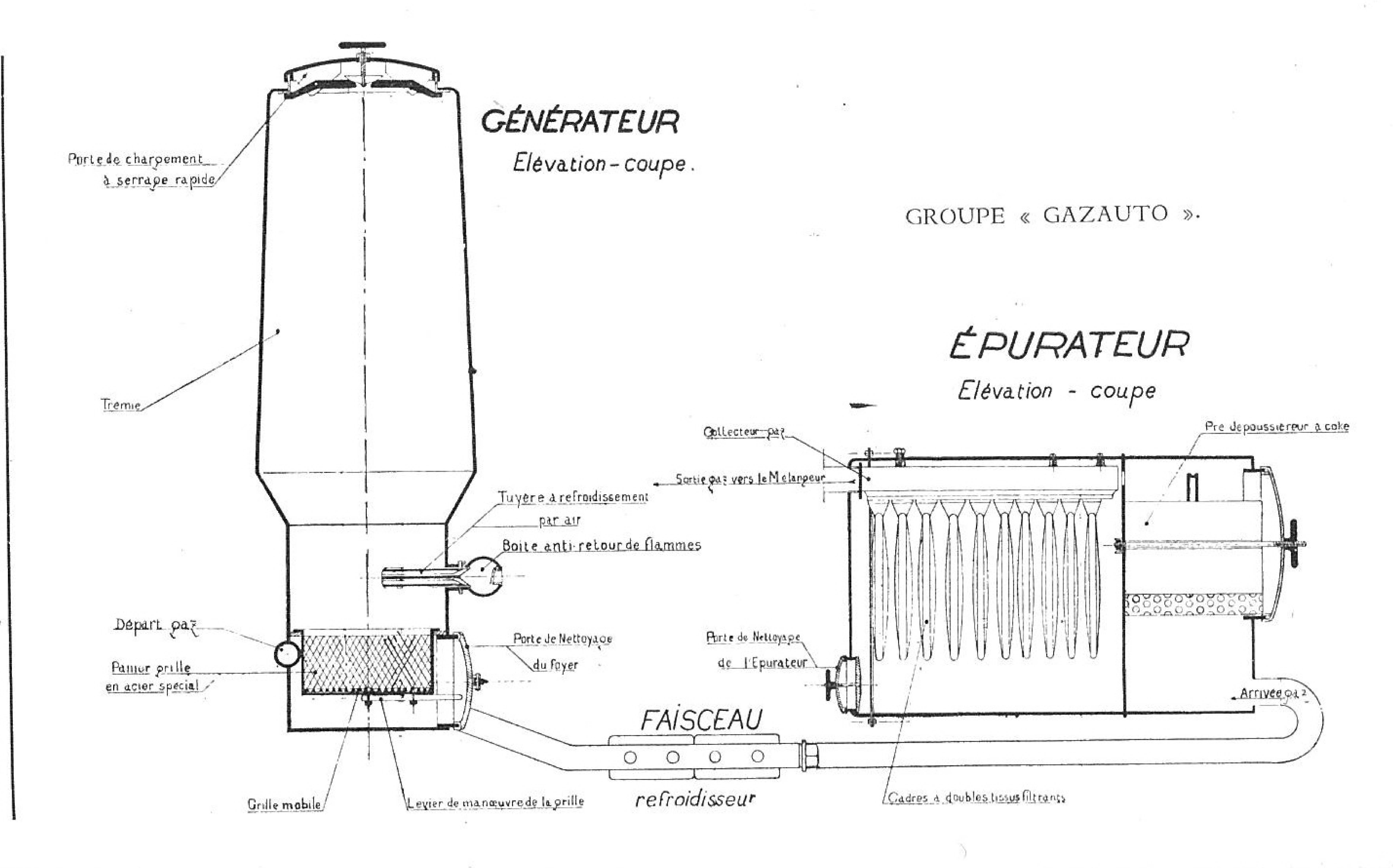
Au-dessus de la grille se trouve la tuyère qui est fixée par serrage sans joint sur un manchon taraudé. La tuyère évacue par radiation la chaleur emmagasinée au moyen d'ailettes intérieures venues de fonderie.

A l'entrée de la tuyère une boîte à clapet sert de régulateur d'entrée d'air ; ce dispositif empêche aussi tout retour de flamme à l'arrêt.

2° *Faisceau refroidisseur.* — De forme appropriée suivant l'emplacement disponible sur le véhicule, sert à abaisser par une première détente ou par échanges thermiques (tubes à ailettes) la température du gaz à la sortie du générateur, avant son entrée aux épurateurs.

3° *Epurateur.* — Suivant l'espace disponible, il est établi en un seul coffre à doubles compartiments ou en deux éléments à compartiments simples qui sont :

a) Dépoussiéreur primaire : le gaz provenant du refroidisseur arrive dans une première chambre qui contient un panier grille rempli de coke : le coke absorbe l'humidité que peut contenir le gaz ainsi que les grosses poussières (le coke peut être remplacé par des tissus métalliques).



GROUPE « GAZAUTO ».

b) Filtre : il se compose d'un faisceau formé d'un nombre variable de cadres garnis de grillage métallique et revêtus de tissus filtrants. Le gaz traverse ces tissus en y abandonnant les poussières fines qu'il contenait encore.

Ainsi épuré et débarrassé de ses poussières le gaz est conduit ensuite vers le moteur par une tuyauterie.

4° *Mélangeur (ou carburateur à gaz)*. — Il est établi sur un système de boisseau ou de volets à trois ouvertures, permettant :

1° La mise en route du moteur à l'essence : à ce moment les ouvertures de gaz et d'air additionnel sont fermées.

2° L'allumage du générateur puis le passage rapide au gaz par rotation du boisseau ou du papillon d'admission qui en s'ouvrant alors très faiblement forme dépression et aspire sur le générateur. Quand le gaz est assez riche et assez abondant on augmente l'ouverture du papillon d'admission pour activer l'arrivée du gaz et diminuer la dépression sur le carburateur à essence. On peut ensuite fermer le boisseau commandant ce dernier et marcher au gaz seul.

3° La marche au gaz seul que permet le réglage automatique de l'air en parallèle avec l'ouverture du papillon d'admission des gaz au moteur (accélérateur).

Cet automatisme est obtenu par la liaison des papillons d'air et de mélange admis, au moyen d'un ensemble de biellettes donnant une ouverture proportionnelle convenable de ces deux papillons d'admission pour obtenir un rapport air et gaz constant.

Une manette à secteur permet la correction de la richesse du mélange (en fonction de la dépression et de la richesse du gaz) par la modification de la longueur d'une des biellettes d'accouplement.

5° *Organes annexes :*

a) Protection du foyer par grille de sécurité extérieure ;

b) Filtre anti-retour de flamme entre moteur et épurateur ;

c) Dispositif anti-retour à l'entrée de la tuyère (boîte à clapet).

Pannes principales

Difficultés d'allumage du foyer. — Il peut y avoir une voûte en face de la tuyère : il faut piquer le charbon avant d'allumer. Cet inconvénient se produit souvent quand on emploie le charbon de bois mélangé d'anthracite ou concassé

trop gros. Pour piquer, bien faire attention de ne pas frapper sur la tuyère ni sur le panier grille qui pourraient être détériorés.

Le foyer rougit par endroits. — Il y a des voûtes produites par l'emploi de charbon trop gros.

Le foyer rougit au-dessous de la tuyère. — Il y a du mâchefer, que le courant d'air ou de gaz contourne ; c'est ce qui amène le feu en contact avec les parois du panier grille et les tôles du foyer.

La même cause fait que le moteur ne tire plus ; pour finir alors un trajet de peu de longueur on peut se contenter de piquer le foyer en observant les précautions qui ont été indiquées ci-dessus.

A l'arrêt, on ne manquera pas d'enlever le mâchefer gênant en utilisant l'ouverture des portes de cendrier et de panier-grille.

Vérifier en outre l'étanchéité de la porte de décendrage au bas du foyer. Bien faire reposer la garniture en cordon d'amiante sur la bordure du gueulard. En cas d'entrée d'air persistante soir si la porte et son fond de gorge ne sont pas voilés, cette déformation pouvant se produire à la longue par le travail de la fonte aux échauffements et refroidissements successifs. Vérifier aussi la bonne tenue du bord du gueulard sur lequel s'appuie cette porte et le dresser s'il y a eu déformation.

Le rouge reste localisé au même endroit. — Il y a une entrée d'air : soudure poreuse ou joint défectueux, réparer par soudure autogène ou électrique ou refaire le joint soigneusement.

Le feu monte dans la trémie. — Elle chauffe ou rougit. Il y a une entrée d'air venant du haut, le plus souvent par la porte de chargement, revoir le joint.

Le bas de la trémie et le cône rougissent. — Niveau du charbon trop bas. Recharger plus souvent. Il faut au minimum 15 cm. de charbon au-dessus de la tuyère, on ne doit pas voir le feu en ouvrant la porte de chargement.

CHAPITRE V

Essais de Gazogènes

Les essais de gazogènes doivent porter à la fois sur les combustibles utilisés et sur les gazogènes en liaison avec leurs appareils auxiliaires.

En ce qui concerne les combustibles, l'analyse physique et chimique fournit des indications précises sur les points suivants :

a) aspect extérieur;
b) fractionnement;
c) densité;
d) humidité;
e) composition centésimale;
f) porosité et pouvoir d'absorption;
g) cendres;
h) pouvoir calorifique.

En ce qui concerne les appareils, les essais sont généralement effectués au banc, le gazogène examiné alimentant un moteur de caractéristiques connues en fonctionnement normal.

L'installation prévue doit permettre de procéder aux différentes observations suivantes :

a) *températures*
(température du foyer, températures du gaz en différents points de l'installation, température ambiante, température de l'eau de circulation) ;
b) *pressions*
(relevées en différentes régions du circuit) ;
c) *analyse du gaz*
(densité, poids des impuretés entraînées, pouvoir calorifique, composition chimique) ;
d) *puissance développée par le moteur;*
e) *régularité de fonctionnement;*
f) *consommation;*
g) *cendres et mâchefers.*

Enfin, une épreuve sur route complètera utilement les indications précédemment recueillies.

Voici, à titre d'exemple, un procès-verbal d'expériences établi par la Station Centrale d'Essais de Machines du ministère de l'Agriculture :

N° d'ordre 48-1112
EXTRAIT DU REGISTRE DES ESSAIS
N° 23, f° 78

CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI. — *Fonctionnement d'un gazogène « Gazauto ». Puissances développées dans des conditions déterminées. Consommation. Qualité du gaz.*

Renseignements généraux sur l'appareil. — Le gazogène, du type à tirage renversé avec tuyère de rentrée d'air, est pourvu d'un réservoir vertical de combustible de grande capacité prolongé vers le bas par une trémie tronconique. Il possède en outre un refroidisseur à ailettes, un épurateur à coke, et un jeu de filtres en toile enfermés dans deux capacités successives. Une grille facilement maœuvrable placée à la partie inférieure de la cuve permet une vidange facile des cendres et du machefer.

Dimensions de la cuve :

Forme de la cuve de réaction		cylindrique
Diamètre de la cuve (millimètres)		550
Hauteur totale de la cuve et du foyer (mm.)		1.750
Caractéristiques de la tuyère : à radiation par ailettes centrales intérieures.		
Diamètre intérieur (millimètres)		28
Diamètre extérieur (millimètres)		50
Système de refroidissement de la tuyère : refroidissement à l'air par ailettes radiales en Cu.		
Dimensions des organes de refroidissement de la tuyère (millimètres)	(hauteur	14
	(longueur	115
	(épaisseur	3

Système refroidisseur et épurateur du gaz :

Longueur des tuyaux à ailettes (millimètres)		4.000
Longueur des tuyaux intermédiaires (millimètres)		100
Dimensions des ailettes circulaires (mm.)	(diamètre ext.	150
	(diam. du tuyau sup.	73
Volume de la capacité à coke (litres)		20
Dimensions des toiles de filtres (mm.)	(longueur	35
	(largeur	30

Conditions des expériences. — Les mesures ont été effectuées pendant 3 heures à intervalles de dix minutes et ont permis de contrôler la puissance développée par un moteur Delahaye à quatre cylindres (100-160) tournant à environ 1.300 tours par minute et réalisant une compression volumétrique de 7,45. Simultanément étaient déterminées les températures et dépressions du gaz en différents points de l'appareil générateur et de ses organes auxiliaires.

Le combustible utilisé était un charbon de bois Lambiotte concassé par le personnel du Laboratoire et de caractéristiques suivantes :

Poussier passant au tamis de 2 mm. (%)	0,86

Humidité au moment de l'essai (% du poids sec) 6
Pouvoir calorique supérieur (calories par kg.) 7.370
Densité de chargement à l'état brut 0.208

Résultats obtenus. — Les principales déterminations ont été les suivantes :

Puissance moyenne développée par le moteur (CV) 36.5
(malgré une mauvaise manœuvre provoquant une rentrée d'air par le couvercle du gazogène.)
Nombre moyen de tours du moteur, par minute 1.304
Poids du charbon consommé à l'heure (kg.) 16.63
Consommation de charbon par cheval et par heure (kg.) 0.456

Variation de puissance : $\frac{\text{puissance moyenne — puissance minimum}}{\text{puissance moyenne}}$ 3,25 %

Dépression avant le filtre (hauteur d'eau en cm.) 15,5
Perte de charge au filtre (hauteur d'eau en cm.) 5,5
Dépression moyenne à l'admission (hauteur d'eau en cm.) . . 80
Température moyenne à l'admission . . . . 34°
Composition moyenne des gaz d'échappement (charbon (Brugère-Panhard)

CO_2 = 18,6
O = 0,8
CO = 0,2

Durée d'allumage et de passage au gaz . . . . 2'00"
Température moyenne des gaz à la sortie du générateur (C°) 683
Tempér. moyenne des gaz à la sortie du refroidisseur (C°) 179

Composition du gaz produit par le gazogène (%) en volumes

CO_2	O	CO	H.CH_4	N
1,4	0,3	30,7	8,1	59,5

Température extérieure (emplacement du gazogène (°C) . . . 9,5
Température de la salle ou fonctionne le moteur (°C) 13,7

En résumé, les résultats précédents et les chiffres détaillés montrent que, dans les conditions de l'expérience, le gazogène a consommé 0,456 kg. de charbon par cheval-heure développé sur l'arbre du moteur, à la puissance de 36,5 CV et à 1.304 tours par minute, bien que la fermeture imparfaite du gazogène ait pu accidentellement, pendant dix minutes environ, provoquer une baisse sensible de puissance.

Fait à Paris, le 24 novembre 1937.

Le Directeur technique,
Signé : G. COUPAN.

CHAPITRE VI

Le Moteur au Gaz des Forêts

ADAPTATION DU MOTEUR A ESSENCE
Adaptation du Véhicule

104. LE CYCLE. — Le moteur au Gaz des Forêts fonctionne, comme le moteur à essence, suivant le cycle Beau de Rochas ; le moteur étant lancé, les quatre temps se succèdent comme suit :

Premier temps : admission. — La soupape d'admission *a* (fig. 30) est ouverte, la soupape d'échappement est fermée ; le piston, entraîné par le volant, descend et aspire le mélange air-gaz ; quand le piston arrive au point mort bas, la soupape d'admission se ferme.

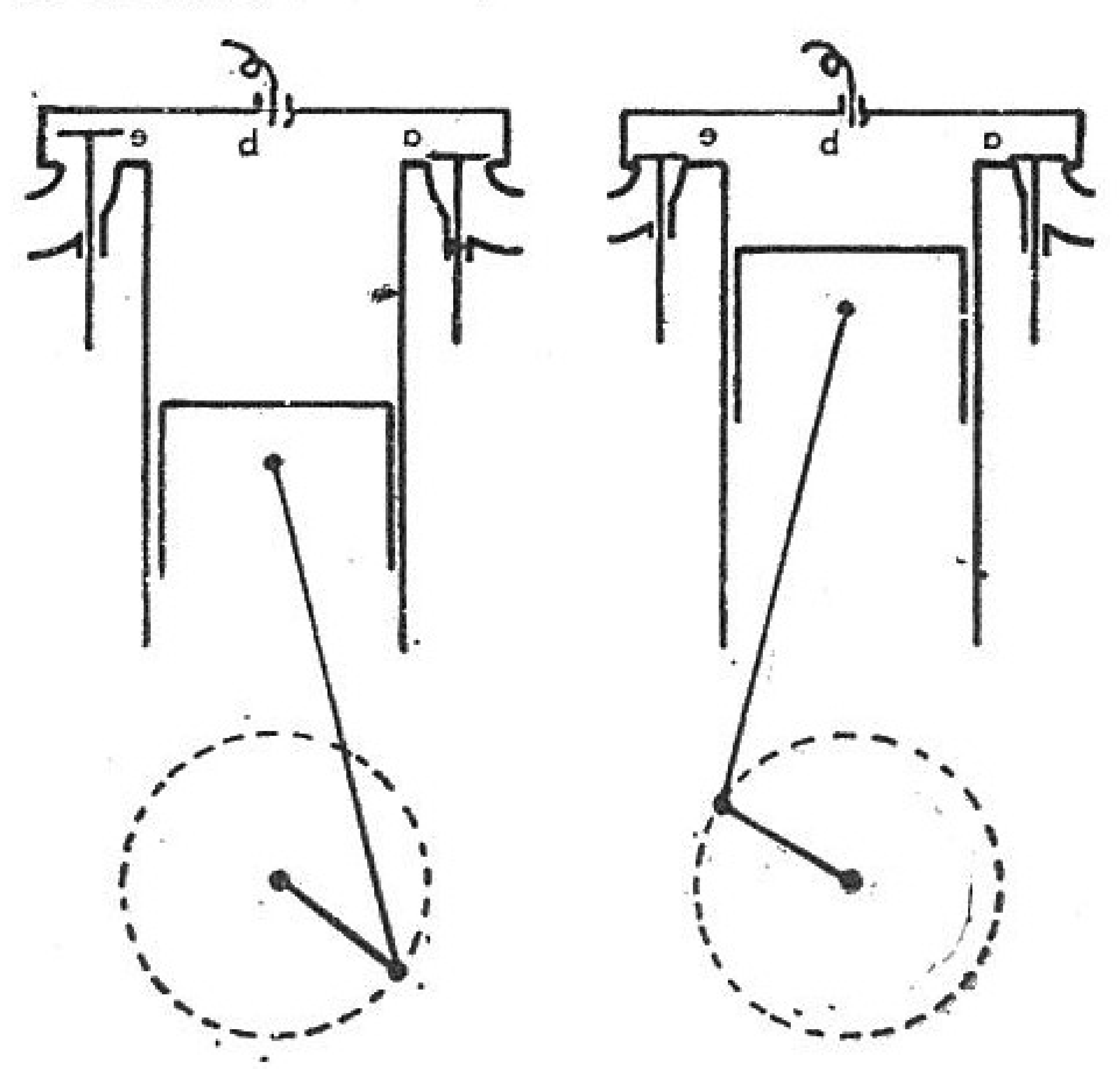


FIG. 30. — Course d'admission. FIG. 31. — Course de compression.

Deuxième temps : compression. — Le piston (fig. 31), toujours entraîné par le volant, remonte, les soupapes sont fermées et le mélange est comprimé jusqu'au moment où le piston se retrouve au point mort haut.

Troisième temps : explosion, détente. — Quand le piston (fig. 32) passe au point mort haut, des appareils électriques (magnéto ou bobine) font éclater une étincelle entre les pointes de la bougie *b* et le mélange air-gaz brûle très rapidement (explosion), la chaleur dégagée élève la pression (Voir § 14) et le piston est chassé vers le bas ; la pression baisse dans le cylindre, les gaz brûlés se détendent et se refroidissent.

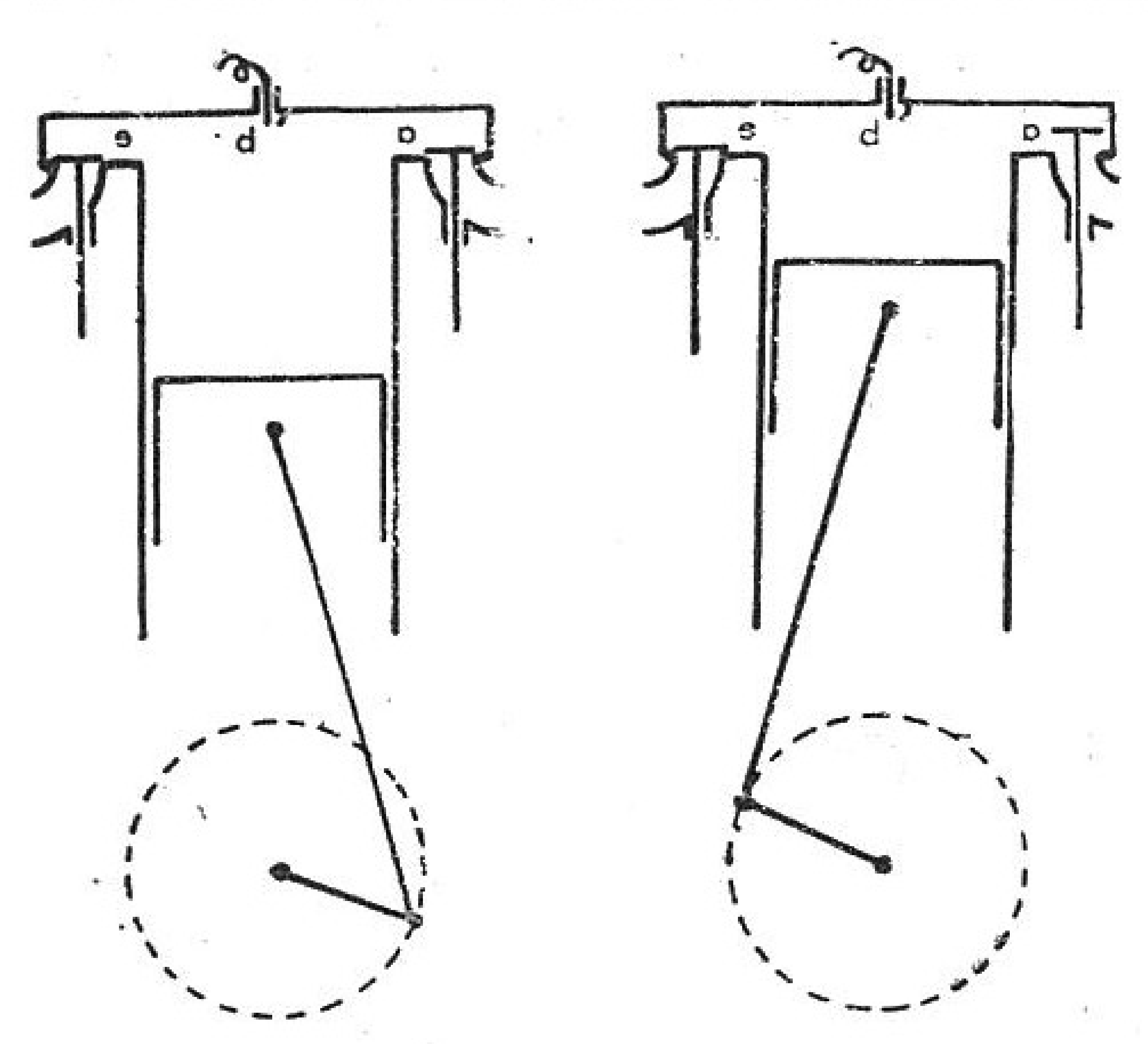


FIG. 32. — Course d'explosion-détente. FIG. 33. — Course d'échappement.

Quatrième temps : échappement. — Quand le piston (fig. 33) se retrouve au point mort bas, la soupape d'échappement *e* s'ouvre, les gaz sortent du cylindre, poussés par le piston que le volant entraîne. En fin de course, la soupape d'échappement *e* se referme, la soupape d'admission *a* s'ouvre de nouveau et le cycle recommence.

Pendant la durée du cycle, le piston a effectué quatre courses, la manivelle a fait deux tours complets ; ce n'est que pendant un demi-tour, celui qui correspond au troisième temps, qu'elle a reçu du piston un effort moteur ; les autres temps sont des temps résistants ; la compression surtout est résistante, mais elle est indispensable ; les gaz comprimés s'échauffent et brûlent mieux, plus complètement ; en outre, le calcul montre que la chaleur emportée par les gaz qui s'échappent, chaleur qui est perdue, est d'autant plus faible que les gaz frais ont été plus comprimés.

105. QUELQUES DÉFINITIONS. — On appelle *alésage* le diamètre intérieur D du cylindre ; commercialement, il est exprimé en millimètres.

La *course*, qui se mesure également en millimètres, correspond au chemin parcouru par le piston dans le cylindre ; c'est la distance qui sépare le point mort haut du point mort bas ; la course est déterminée par le rayon de la manivelle : si on appelle R le rayon de la manivelle, la course C est égale à deux fois le rayon : C = 2 R.

La longueur de la bielle n'a aucune influence sur la course.

On entend par *cylindrée* le volume engendré par le piston pendant une course complète. Elle représente encore le volume de gaz théoriquement introduit dans le cylindre pendant la course d'aspiration (premier temps).

La cylindrée V est égale à la surface du piston multipliée par la course :

$$V = \frac{\pi D2}{4} \times C$$

Généralement, dans les calculs, pour éviter de trop grands nombres, on exprime D et C en centimètres : on a alors le volume en centimètres cubes ; on peut l'évaluer en litres en divisant par 1.000. Soit, par exemple :

D = 100 m. et C = 130 mm.

$$V = \frac{3,14 \times 10 \times 10}{4} \times 13 = 1.020 \text{ cm}^3 \text{ ou 1 lit. 02.}$$

Commercialement, on désigne par cylindrée *le volume théoriquement aspiré par cycle* : elle est donc égale au volume V multiplié par le nombre de cylindres. Pour un moteur à 4 cylindres, la cylindrée commerciale du moteur précédent serait :

1 lit. 02 × 4 = 4 lit. 08.

Enfin, on appelle encore cylindrée-minute le volume aspiré par minute. Elle est égale à la cylindrée commerciale multipliée par la moitié du nombre de tours effectué par le moteur en une minute, car un cycle est effectué sur 2 tours du moteur. Ainsi, si le moteur précédent fait 3.000 tours-min., la cylindrée-minute est :

4,08 × 1.500 = 6.120 litres ou 6 m3 120.

106. TAUX DE COMPRESSION. — Quand le piston est à son point mort haut, un certain volume de gaz, que nous désignerons par v, est enfermé dans la « chambre de compression ou de combustion » ; lorsque le piston est à son point mort bas, le cylindre contient un volume de gaz $V + v$.

On appelle *taux de compression* t ou encore *compression volumétrique* le rapport :

$$t = \frac{v + V}{v} \text{ ou encore } 1 + \frac{V}{v}$$

Pour le mesurer sur un moteur construit, on peut, le plus souvent, procéder comme suit :

1° Placer le piston au point mort haut et, par le trou de bougie, verser lentement (pour éviter la mousse) de l'huile dans le moteur : on a ainsi un volume v d'huile ;

2° Placer le piston au point mort bas et refaire le plein d'huile ; on verse ainsi le volume V d'huile.

Pour chacune de ces mesures, le niveau de l'huile doit atteindre l'intersection de la paroi interne de la chambre avec le filetage du trou de bougie.

Ainsi, si on verse d'abord 217 cm3, puis 1.020 cm3, le taux de compression est :

$$t = 1 + \frac{1.020}{217} = 1 + 4,7 = 5,7.$$

Le taux de compression a une importance considérable dans la théorie et la pratique du moteur à explosion.

107. Moteur parfait. — Le moteur parfait est une conception scientifique, toute théorique, imaginée en vue de prévoir les résultats qu l'on peut escompter du fonctionnement d'un moteur à explosion.

Dans un moteur parfait, on convient de faire les hypothèses suivantes :

1° Les parois du cylindre et du piston ne laissent pas passer de chaleur pendant la compression, l'explosion et la détente.

2° Le gaz qui évolue dans le cylindre ayant des propriétés *physiques* voisines de celles de l'air, le moteur à explosion est considéré comme un moteur à air chaud : l'air aspiré, froid au premier temps, serait chauffé pendant la course de compression et pendant l'explosion et il se refroidirait, en travaillant, pendant la détente : les calories apportées par la combustion du mélange, diminuées du nombre de calories emportées par les gaz lors de l'échappement, seraient intégralement transformées en travail ;

3° La combustion se fait *instantanément* quand le piston passe exactement au point mort haut ;

4° Les soupapes s'ouvrent et se ferment *instantanément*

quand le piston passe à un point mort ; de plus, lorsqu'elles sont ouvertes, elles n'offrent aucune résistance au passage des gaz, de sorte que, pendant l'admission et l'échappement, la pression du gaz dans le cylindre est égale à la pression atmosphérique ;

5° Enfin, le cylindre est parfaitement étanche, il n'y a pas de résistance de frottement et les organes accessoires du moteur n'absorbent pas de puissance.

On conçoit que ces conditions soient impossibles à réaliser, mais la considération du moteur parfait présente au moins cet avantage de montrer ce vers quoi il faut tendre.

108. RENDEMENT THERMIQUE THÉORIQUE. — D'après ce qui précède, la seule perte, dans un moteur parfait, est constituée par les calories emportées par les gaz d'échappement.

Nous appellerons *rendement thermique théorique ou rendement du moteur parfait, la fraction de l'énergie calorifique fournie à ce moteur qui serait transformée en travail si les conditions idéales énoncées étaient réalisées.*

La théorie mathématique du moteur parfait ne rentre pas dans le cadre de cet ouvrage (1). Nous dirons seulement que cette théorie établit que *le rendement théorique ne dépend que du taux de compression* et nous donnons ci-après sa valeur pour divers taux :

Taux de compression *t*	4	6	8	10
Rendement théorique %	33	41,6	46,5	49,9

On voit qu'on a tout intérêt à adopter un taux aussi élevé que possible. Avec l'essence, on ne peut guère dépasser le taux 6 (culasse en fonte) ou 7 (culasse spéciale) car, avec des taux supérieurs, l'échauffement pendant la compression est tel qu'il peut se produire des phénomènes de détonation à contretemps qui fatiguent énormément les organes ; le bruit particulier que l'on entend fait dire que le moteur « « cogne ». Avec le Gaz des Forêts, au contraire, on peut atteindre des taux sensiblement plus élevés sans qu'il y ait cognement. On peut donc, avec un moteur à gaz, mieux utiliser l'énergie calorifique du carburant qu'avec un moteur à essence.

---

(1) On trouvera dans notre précédent ouvrage : *Le Gaz des Forêts — Carburants forestiers — Gazogènes,* un abrégé de cette théorie.

Il faut remarquer aussi que si l'on diminue le volume v, il reste, après l'échappement, moins de gaz brûlés résiduels ; l'échauffement des gaz admis est donc d'autant moins grand que v est plus petit, le remplissage du cylindre est meilleur et la richesse du mélange plus grande.

Dans un moteur réel, il existe, outre la perte à l'échappement, d'autres pertes que nous allons maintenant étudier.

109. RETARD DANS LA COMBUSTION. AVANCE A L'ALLUMAGE. — Le mélange ne brûle pas instantanément en totalité, dès que l'étincelle se produit ; sans doute, la durée de la combustion est très courte, mais pendant que le gaz brûle, le piston s'est déplacé vers le bas et, de ce fait, la pression n'atteint pas (Voir § 14) la pression que, théoriquement, on devrait obtenir (64 kg. : cm2 avec le taux 6 et un mélange air-essence).

On atténue ce défaut en donnant de l'avance à l'allumage, c'est-à-dire en faisant éclater l'étincelle un peu avant le passage du piston au point mort haut.

D'autre part, la durée de la combustion étant à peu près constante, on conçoit que le rapport

$$\frac{\text{durée explosion}}{\text{durée course}}$$

augmente avec la vitesse du moteur, aussi l'avance doit être d'autant plus grande que le moteur tourne plus vite.

On a constaté que les mélanges pauvres brûlent plus lentement que les mélanges riches ; la combustion du mélange air-gaz se propage à une vitesse assez voisine de la vitesse du piston ; il peut donc arriver que la combustion se prolonge pendant la détente et les calories étant dégagées trop tard, la perte par les gaz d'échappement est augmentée. Il y a donc lieu d'obtenir, tout d'abord, un mélange homogène et bien dosé d'air et de gaz, puis de régler correctement l'avance à l'allumage, qui doit être supérieure à l'avance à l'allumage qui convient à la marche à l'essence. On a pu, sur un moteur à gaz, régler l'avance à 21 mm. 5 avant le passage du piston au point mort, pour une course de 160 mm. et une vitesse de 1.100 tours-min.

Certains constructeurs conservent la possibilité de marcher à l'essence en vue des démarrages et des petits déplacements des véhicules. Cette double utilisation implique l'emploi d'un carburateur spécial ou d'un appareil analogue à celui de M. l'ins-

pecteur général DUMANOIS ; cet appareil permet d'étrangler la tuyauterie d'admission pour la marche à l'essence et crée ainsi un laminage (Voir § ci-après) qui diminue les effets sur l'essence du taux de compression élevé nécessaire pour la bonne marche au gaz.

Cependant, comme ces appareils sont encore rarement prévus, le conducteur d'un moteur susceptible de marcher tantôt au gaz et tantôt à l'essence, ne devra pas oublier de réduire l'avance à l'allumage pour marcher à l'essence, sinon il s'expose à des retours de manivelle au lancement du moteur ou à des explosions à contretemps pendant la marche.

110. LAMINAGES. — Le mélange éprouve une certaine résistance à passer par les orifices inévitablement restreints des soupapes : on dit qu'il est laminé.

Le laminage a pour effet de mantenir dans le cylindre une pression qui, pendant l'échappement, est supérieure à la pression atmosphérique et lui est inférieure pendant l'admission, ce qui a pour résultat de freiner les mouvements du piston, d'augmenter le volume des gaz brûlés non expulsés, de réduire le volume des gaz introduits dans le cylindre : on dit que le remplissage est imparfait. On l'améliore par l'ouverture anticipée et la fermeture retardée de la soupape d'échappement et par l'ouverture et la fermeture retardées de la soupape d'admission.

De plus, le gaz admis se mélange avec les gaz brûlés non expulsés et encore chauds ; la dilatation qui en résulte, et qui résulte aussi du contact avec les parois chaudes du cylindre, réduit encore la cylindrée réelle, c'est-à-dire le volume de mélange introduit ramené à la température et à la pression extérieures.

On appelle *coefficient de remplissage* le rapport entre le volume réellement admis, ramené à 0° et à la pression atmosphérique normale, et le volume du cylindre
Il varie avec la vitesse du moteur entre 0,80 et 0,90.

111. INFLUENCE DES PAROIS. FUITES. RENDEMENT DU CYLINDRE. — Il est impossible de réaliser des parois imperméables à la chaleur : les parois s'échauffent et dispersent de la chaleur dans l'atmosphère. Il est nécessaire d'ailleurs d'intensifier cette action des parois : leur refroidissement a pour but de permettre le graissage des surfaces du cylindre et du piston ; ces surfaces doivent être maintenues, par une circula-

tion d'eau ou d'air, à une température inféreure à la température d'allumage du lubrifiant, sinon, le graissage ne pouvant se faire, il faudrait craindre le grippage du moteur et l'auto-allumage.

Remarquons d'ailleurs que l'influence des parois n'a pas une importance aussi grande qu'on pourrait le penser à première vue, car si les parois n'étaient pas refroidies, les gaz sortiraient chauds : la perte de calories par l'eau de circulation ne peut donc être considérable.

Enfin, pour que le piston puisse se dilater, son diamètre doit être plus petit que l'alésage, et pour empêcher les fuites, des segments élastiques doivent être logés dans des gorges tracées sur le piston. Malgré la disposition dite « tiercée » des fentes des segments, il se produit des fuites de gaz, mais toujours peu importantes.

Si donc, nous comparons les pertes énumérées (dues au retard dans la combustion, aux laminages, à l'action des parois et aux fuites) et les conditions à réaliser par le cylindre du moteur parfait (§ 107), nous constatons que le cylindre réel est bien inférieur au cylindre parfait.

Le cylindre réel ne permet donc d'utiliser qu'une certaine fraction du travail que fournirait un cylindre parfait : c'est cette fraction que nous appellerons *rendement du cylindre* (1). De nombreuses mesures de laboratoire ont montré que ce rendement a une valeur moyenne voisine de 80 %. Si donc un moteur fonctionne avec le taux de compression 6, le rendement théorique est 41,6 % et le cylindre réel ne transforme en travail disponible sur le piston que :

$$41,6 \times 0,80 = 33,3 \%$$

de l'énergie calorifique fournie.

112. PUISSANCE ABSORBÉE PAR LES FROTTEMENTS ET LES ORGANES ACCESSOIRES. RENDEMENT ORGANIQUE. — Dans le moteur parfait, on a admis (§ 107-5°) qu'il n'y avait pas de résistance de frottement et que les organes accessoires (commande des soupapes, de la magnéto, de la dynamo, du ventilateur, des pompes de circulation d'eau et d'huile) n'absorbaient pas de puissance, mais on ne peut concevoir de glissement sans frottement ou des organes se déplaçant sans exiger un effort moteur. Le *travail organique* est une fraction non négligeable de l'énergie disponible sur le piston. Il faut évidemment tendre

(1) On peut aussi l'appeler « rendement spécifique indiqué ».

à réduire ce travail le plus possible, par l'emploi de pièces bien polies, de roulements à billes ou à rouleaux, par un graissage convenable des parties frottantes.

Nous appellerons *rendement organique,* la fraction de l'énergie disponible sur le piston que l'on peut recueillir sur l'arbre du moteur sous forme de travail utile. De nombreuses mesures de laboratoire montrent que le rendement organique est voisin de 80 %.

113. RENDEMENT NET. — Nous avons vu que le cylindre transformait en travail 33.3 % de l'énergie calorifique qui lui est fournie ; en raison du travail organique, on ne pourra recueillir, en travail utile disponible sur l'arbre, que :

$$33{,}3 \times 0{,}8 = 26{,}64\ \%$$

de l'énergie calorifique fournie.

Ce nombre qui donne, en tenant compte de toutes les pertes, la fraction de l'énergie fournie transformée en travail, est appelé *rendement net* du moteur ou rendement thermique effectif.

On peut dire aussi que le moteur ne fournit que les $0{,}8 \times 0{,}8 = 0{,}64$ (rendement du cylindre × rendement organique) 64 centièmes de ce que fournirait un moteur parfait.

Supposons maintenant un moteur à gaz dont le taux de compression est 8. Le rendement théorique est 46,5 % (Voir § 108). Si nous admettons que dans ce moteur les pertes ont la même importance relative que dans un moteur à essence, le rendement net sera voisin de :

$$46{,}5 \times 0{,}64 = 29{,}76\ \%$$

Il est essentiel de noter que ce rendement ne concerne que le moteur : il caractérise l'utilisation de l'énergie apportée au moteur *par le mélange gazeux combustible,* sans tenir compte de la façon dont ce gaz a été formé.

Le rendement net de l'installation gazogène-moteur est inférieur au rendement net du moteur, car la transformation du combustible solide en combustible gazeux ne peut se faire sans de nouvelles pertes : imbrûlés, production de gaz carbonique incombustible, chaleur emportée par les cendres et par le gaz, chaleur dispersée par les parois du générateur, etc...

114. CONSOMMATION. — Nous avons montré au paragraphe 22 comment on pouvait évaluer la consommation d'un moteur à essence. Reprenons le calcul par un procédé plus direct :

On a vu que 1 CV-H correspondait à 635 calories transformées en travail en 1 heure. A un moteur à essence dont le rendement est 26,64 %, on devra fournir :

$$\frac{100 \times 635}{26,64} = 2.383 \text{ calories par heure.}$$

L'essence ayant un pouvoir calorifique de 7.600 cal. kg : l., la consommation horaire sera d'environ : $\frac{2.383}{7.600} = 0$ l. 31.

Considérons maintenant un moteur à gaz dont le rendement est 29,76. Pour obtenir 1 CV-H, il faudra fournir :

$$\frac{100 \times 635}{29,76} = 2.133 \text{ calories.}$$

Nous distinguerons deux cas :

Premier cas. — Gaz de bois (1) de pouvoir calorifique 1.250 cal. kg : m3 (mélange air-gaz de pouvoir calorifique 570 cal. kg. : m3). On devra fournir en une heure :

$$\frac{2.133}{570} = 3 \text{ m}^3 \text{ 9 de mélange}$$

$$\text{ou } \frac{2.133}{1.250} = 1 \text{ m}^3 \text{ 700 de gaz.}$$

Or, des expériences précises montrent que, dans un gazogène, 1 kg. de bois peut donner de 1,5 à 2 m³ de gaz utilisable dans un moteur. La consommation moyenne d'un moteur serait donc d'environ 1 kg. de bois par CV-H.

Deuxième cas. — Gaz de charbon de bois (2) de pouvoir calorifique 1.180 cal. kg. : m³ (mélange air-gaz de pouvoir

(1) D'après les valeurs des pouvoirs calorifiques, on peut déduire que 1 mètre cube de gaz de bois donne $\frac{1.250}{570}$ = 2 m3 19 de mélange, c'est-à-dire que le mélange est formé de 1 mètre cube de gaz et 1 m3 2 d'air environ.

(2) De même, 1 m3 de gaz de charbon de bois donne $\frac{1.180}{560}$ = 2 m3 de mélange environ, c'est-à-dire que ce mélange est formé de 1 mètre cube de gaz et de 1 mètre cube d'air. En général, on compte un excès d'air d'environ 10 %.

calorifique 560 cal. kg. : m³). On devra fournir en une heure

$$\frac{2.133}{560} = 3,9 \text{ m}^3 \text{ de mélange}$$

ou
$$\frac{2.133}{1.180} = 1,8 \text{ m}^3 \text{ de gaz.}$$

Or, dans un gazogène, 1 kg. de charbon de bois peut donner environ 4,5 m3 de gaz utilisable dans un moteur. La consommation de charbon de bois par CV-H serait donc voisine de :

$$\frac{1,8}{4,5} = 0,400 \text{ kg.}$$

Les chiffres indiqués ci-dessus, 1 kg. de bois ou 0,400 kg. de charbon de bois, sont inférieurs aux chiffres donnés par la pratique ; dans de bonnes installations, on atteint généralement, par CV-H :

1,200 kg. de bois ou 0,500 kg. de charbon de bois.

La différence provient de ce que, en pratique, on perd une certaine quantité de combustible au cours des nettoyages du foyer (cendres et mâchefers), et que toute l'eau d'imprégnation n'est pas toujours transformée en gaz.

115. Moteur alimenté au Gaz des Forêts. — Qu'un moteur à explosion soit alimenté au Gaz des Forêts ou à l'essence, il fonctionne toujours suivant le cycle Beau de Rochas, les organes accessoires sont les mêmes et les pertes d'énergie ont les mêmes origines. Nous admettrons — et nous pouvons le faire sans grande erreur — que la nature du combustible n'influe pas sur le rapport 0,64 de la puissance disponible sur l'arbre d'un moteur réel à la puissance du moteur parfait correspondant.

Dans ces conditions, considérons un moteur à essence que nous voulons alimenter au gaz sans aucune modification préalable, tout en conservant la même vitesse de rotation. Comme le taux de compression n'a pas changé, le rendement est le même, quel que soit le combustible, mais pour 1 m³ de mélange air-essence aspiré, le moteur recevait 850 cal. kg. (Voir § 28 et § 35); tandis que si, dans le même temps, il aspire un mélange air-gaz, il ne reçoit plus que, par exemple, 560 calories. Les puissances sont donc dans le rapport :

$$\frac{\text{Puissance au gaz}}{\text{Puissance à l'essence}} = \frac{560}{850} = 0{,}65 \text{ environ.}$$

c'est-à-dire que le moteur perd 35 % de sa puissance ! Une telle perte est inacceptable et le moteur à essence doit être adapté pour ramener la perte de puissance à une valeur raisonnable.

116. ADAPTATION A LA MARCHE AU GAZ D'UN MOTEUR ALIMENTÉ HABITUELLEMENT A L'ESSENCE. — Il s'agit d'améliorer le rapport calculé ci-dessus. On y arrivera :

1° En augmentant le volume air-gaz introduit dans le même temps que quand le moteur fonctionnait à l'essence. Pour cela, nous avons trois moyens :

a) Augmenter la cylindrée dans toute la mesure possible.

b) Améliorer le remplissage du cylindre. Nous avons vu, en effet, que les laminages, les gaz résiduels chauds, les fuites, avaient pour effet la réduction du volume aspiré : ce volume, ramené à la température et à la pression atmosphérique, est inférieur à la cylindrée $V = \frac{\pi D2}{4} \times C$.

c) Accélérer la vitesse de rotation du moteur. Nous étudierons cette question en même temps que les transformations à apporter au véhicule (Voir § 123).

2° En relevant le rendement, c'est-à-dire en utilisant mieux les calories introduites. Ceci s'obtient en augmentant le taux de compression : si, par exemple, nous portons le taux de 6 à 8, nous portons le rendement de 26,64 à 29,76, le rapport des puissances devient :

$$\frac{\text{Puissance au gaz}}{\text{Puissance à l'essence}} = \frac{560 \times 29{,}76}{850 \times 26{,}74} = 0{,}735$$

au lieu de 0,65, c'est-à-dire qu'on ne perd plus que 26,5 % de la puissance lors de la marche à l'essence, au lieu de 35 % : on récupère donc 8,5 % de cette même puissance.

Il est facile de comprendre que l'influence de l'augmentation du taux sera d'autant plus sensible que le taux ancien était faible et que le taux nouveau est plus élevé.

117. AUGMENTATION DE LA CYLINDRÉE. — La cylindrée est déterminée par l'alésage et la course : il ne saurait être

question d'augmenter la course, ce qui exigerait le remplacement du vilebrequin. On ne peut donc augmenter la cylindrée que par un réalésage ou par le remplacement des chemises quand le moteur en comporte; le réalésage est limité par la nécessité de laisser une épaisseur suffisante aux parois du cylindre.

Si on appelle D l'alésage et *d* l'*augmentation de l'alésage*, on peut démontrer que la nouvelle cylindrée est égale à l'ancienne multipliée par :

$$1 + \frac{2\,d}{D} \text{ (1)}$$

Pour une course de 130 mm. et un alésage de 100 mm., la cylindrée est 1.020 cm3 (Voir § 105). Si nous portons l'alésage à 102 mm., $d = 2$ mm. et l'ancienne cylindrée, multipliée par

$$1 + \frac{2 \times 2}{100} = 1{,}04$$

est : $1.020 \times 1.04 = 1.061$ cm³, soit une augmentation de 4 %.

Le réalésage seul est donc insuffisant et la perte de puissance n'est que légèrement atténuée. Le rechemisage, quand il est possible, donne de meilleurs résultats. Si, par exemple, on peut porter l'alésage à 106 mm., $1 + \frac{2 \times 6}{100} = 1{,}12$, la cylindrée devient 1.142 cm³, soit une augmentation de 12 %.

L'augmentation de la cylindrée donne aussi un léger relèvement du taux de compression (Voir § 119).

118. AMÉLIORATION DU REMPLISSAGE. — Il s'agit d'admettre dans le cylindre réalésé un volume de gaz aussi voisin que possible de la cylindrée

$$V = \frac{3{,}14 \times D^3}{4} \times C.$$

Pour cela, on s'efforcera de réduire les laminages dus aux soupapes (Voir § 110), en remplaçant, quand cela sera possible, les soupapes par d'autres de plus grand diamètre. Il sera intéressant de remplacer l'arbre à cames par un autre sur lequel les cames présenteront des rampes de levée et de chute plus rapides, la largeur au sommet de la came et la hauteur étant plus fortes : on accélère ainsi la levée et la chute de la soupape, ainsi que l'ouverture et la durée de la pleine ouverture.

---

(1) Le nombre donné est inférieur de quelques dix millièmes au nombre exact : l'erreur est donc insignifiante.

Le relèvement du taux de compression atténue l'influence des gaz résiduels, ainsi que nous le montrerons au paragraphe ci-après.

L'action des parois ne peut guère être modifiée, mais on peut améliorer le remplissage en s'appuyant sur les remarques suivantes :

a) Le remplissage étant conditionné par le degré de vide qui règne dans les canalisations, on évitera, sur le trajet du gaz, tous les obsacles qui ne seraient pas strictement utiles : étranglements, coudes brusques, tuyaux de diamètre trop faible ; si possible, on donnera une section plus grande aux tuyauteries d'admission et d'échappement.

b) Il y a intérêt à introduire un mélange aussi froid et sec que possible : le gaz, maintenu à une température voisine de 65 à 70° *avant les filtres* (pour éviter le colmatage des filtres), pourra être refoidi après filtrage; la prise d'air du mélangeur se fera, autant que possible, en dehors du capot, à l'intérieur duquel la température est toujours assez élevée; enfin, on éloignera la tubulure d'admission de la tubulure d'échappement.

c) Enfin, on veillera, en conduisant, à obtenir un mélange aussi riche que possible en réglant convenablement l'entrée d'air secondaire au mélangeur : le moteur est très sensible à ce réglage.

119. Relèvement du taux de compression. — On obtient toujours un meilleur rendement en relevant le taux de compression et en augmentant l'avance à l'allumage : avant de démonter le moteur, on mesurera le taux de compression par le procédé indiqué au paragraphe 106.

L'examen de la formule qui permet de calculer le taux de compression :

$$t = 1 + \frac{V}{v}$$

montre que ce taux sera plus élevé si on augmente la cylindrée V et si on diminue v.

Le volume V est augmenté, ainsi qu'il vient d'être dit, par le réalésage ou le rechemisage. Si nous conservons les notations du paragraphe 117, on peut démontrer que l'augmentation d de l'alésage D relève le taux de compression t d'une quantité égale à :

$$\frac{2\,d}{D}\,(t-1)$$

Si, par exemple, le taux est 6, il augmente :

Pour D = 100 et $d = 6$, de $\frac{2 \times 2}{100} \times 5 = 0{,}20.$

Pour D = 100 et $d = 2$, de $\frac{2 \times 6}{100} \times 5 = 0{,}60.$

Il devient donc 6,2 dans le premier cas (réalésage) et 6,6 dans le second (rechemisage).

Comme l'augmentation du taux de compression par réalésage est le plus souvent insuffisante, il faut chercher à réduire le volume v de la chambre. On peut pour cela utiliser une autre culasse donnant le taux voulu, taux limité d'ailleurs par la résistance des organes ; mais si l'on estime la dépense trop élevée, on peut employer les artifices suivants :

1° Remplacer les pistons par d'autres pour lesquels la distance de l'axe du pied de bielle au fond est plus grande de la quantité x que l'on calcule par la formule suivante dans laquelle T désigne le taux cherché :

$$x = C \times \frac{T - t}{(T-1) \times (t-1)}$$

Exemple : C = 130, $t = 6{,}2$. Si on veut que T devienne égal à 7,5, on donnera à x la valeur :

$$x = 130 \times \frac{(7{,}5-1)\times(6{,}2-1)}{7{,}5-6{,}2} = 130 \times \frac{1{,}3}{6{,}5 \times 5{,}2} = 5 \text{ mm.}$$

2° Souder une plaque de diamètre D + d, d'épaisseur x dans la cavité de la culasse ou sur le fond du piston, mais ces deux modifications risquent de gêner le refroidissement de la culasse ou du piston, de plus les pistons sont déséquilibrés ; nous déconseillons ces deux transformations.

3° Raboter une épaisseur x sur l'une des faces du joint cylindre-carter ou cylindre-culasse ;

4° Si la culasse comporte des bouchons de soupapes, on peut leur rapporter des bossages pénétrant davantage dans la chambre.

On peut d'ailleurs combiner ces divers procédés de façon à réaliser la valeur x calculée. On veillera à éviter : que le segment supérieur du piston ne sorte pas du cylindre, que le fond du piston vienne toucher la culasse, que les soupapes ne butent contre le bouchon.

Sur un moteur construit pour marcher spécialement au Gaz des Forêts, le résultat optimum semble être atteint avec un taux compris entre 9 e 9,5, mais cette valeur ne peut être obtenue lors de l'adaptation d'un moteur à essence, en raison de la fatigue supplémentaire des organes, qui n'ont pas été étudiés pour la marche au gaz. On ne dépasse guère un taux de 7,5 à 8 pour un moteur adapté. Par contre, le taux de 9,5 s'obtient aisément lorsqu'il s'agit de l'adaptation d'un moteur Diesel, puisque, dans ce cas, on doit réduire le taux de compression. (1)

Remarquons que le relèvement du taux de compression diminue le volume v des gaz résiduels de la fin de l'échappement et que, en conséquence, ces gaz ont une influence moins marquée sur la dilatation des gaz frais et le remplissage est meilleur.

120. ENRICHISSEMENT DU GAZ. — Le moteur d'un véhicule peut, dans certains cas, avoir à vaincre des résistances variables : c'est ce qui se passe pour un camion dont l'itinéraire présente de fortes côtes ou pour un tracteur qui, dans un champ, traverse une zone difficile, « un loup », ou encore doit démarrer souvent, après avoir tourné au bout de chaque raie.

Pour parer à ces à-coups, on peut momentanément augmenter la puissance du moteur alimenté au gaz, par l'addition au mélange détonant d'une petite quantité d'essence.

Avec une tubulure d'admission bien calculée et un carburateur de modèle réduit dans lequel la buse et le gicleur sont de dimensions convenables, ce procédé est très efficace et sans danger pour les attelages si l'avance est réglée en conséquence.

De nombreuses applications pratiques ont montré que le gain obtenu pouvait atteindre 25 %.

Il convient d'observer que les calories du carburant liquide sont mieux utilisées en marche mixte, la grande dilution de la vapeur d'essence écartant les rirsques de détonation qui pourraient provenir de la haute compression du moteur; de plus, l'essence introduite dans le mélange se substitue à une partie du charbon et diminue par conséquent, dans une certaine mesure, la consommation de celui-ci.

Pour donner toute son efficacité et rester économique, l'enrichissement doit être de préférence intermittent, et n'intervenir que dans certaines parties du parcours trop pénibles pour le moteur alimenté au gaz seul.

Il est de plus indispensable de pouvoir passer de la marche

(1) Pour calculer la valeur de x pour un moteur Diesel, il suffit de permuter T et t.

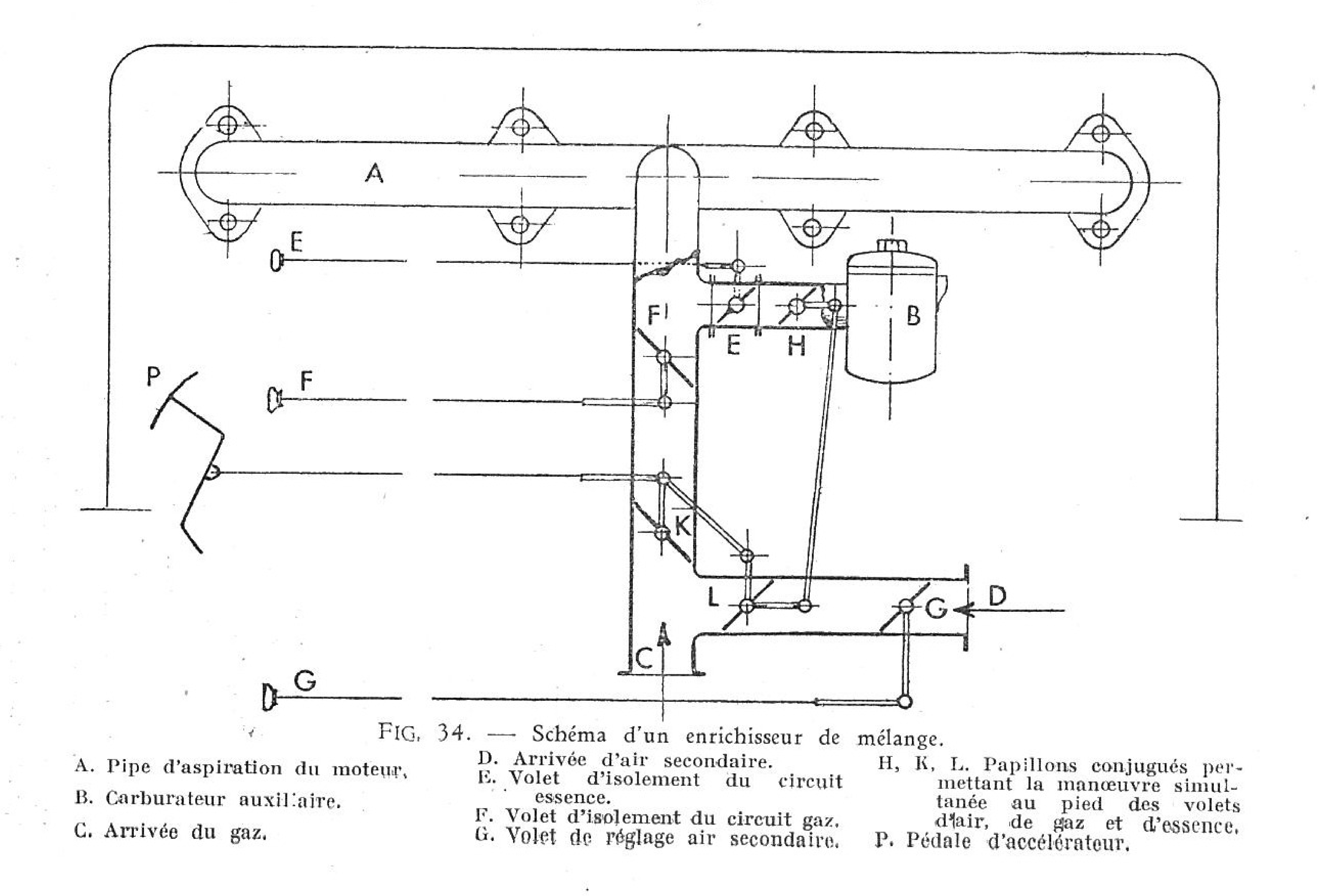


FIG. 34. — Schéma d'un enrichisseur de mélange.

A. Pipe d'aspiration du moteur.
B. Carburateur auxiliaire.
C. Arrivée du gaz.
D. Arrivée d'air secondaire.
E. Volet d'isolement du circuit essence.
F. Volet d'isolement du circuit gaz.
G. Volet de réglage air secondaire.
H, K, L. Papillons conjugués permettant la manœuvre simultanée au pied des volets d'air, de gaz et d'essence.
P. Pédale d'accélérateur.

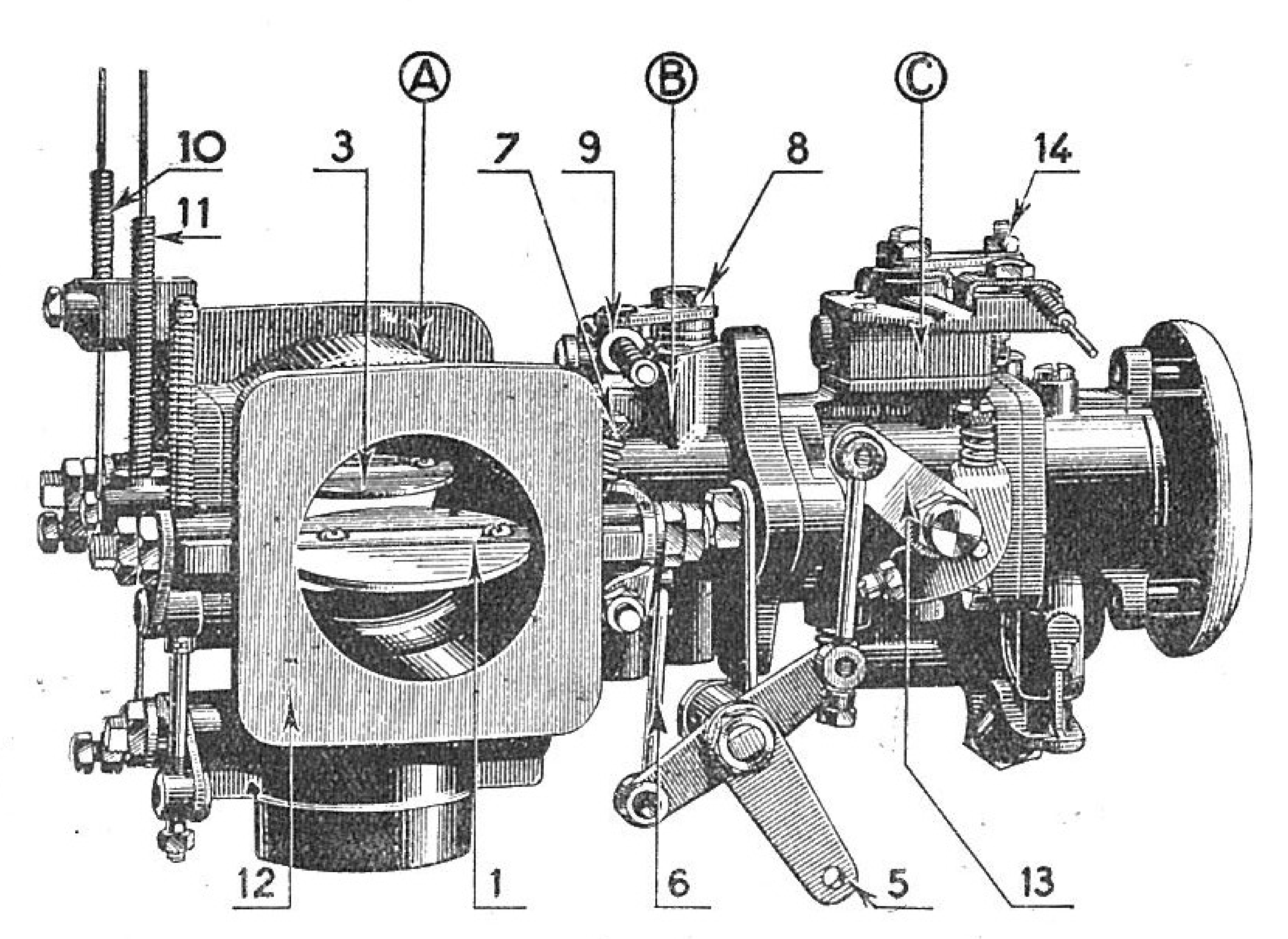


FIG. 35. — Le Carburateur-Mélangeur Solex, vu côté moteur, orienté horizontalement.

A) Mélangeur. — B) Corps interrupteur. — C) Carburateur horizontal.

1. Papillon (1) (accélérateur gaz).
3. Papillon (3) (sur la conduite de gaz).
5. Levier relié à la pédale d'accélérateur.
6. Biellette de commande du papillon (1).
7. Vis de réglage de ralenti.
8. Axe du papillon (4).
9. Biellette de liaison des papillons (3) et (4).
10. Tirette de commande des papillons (3), (4).
11. Tirette de commande du papillon d'air (2).
12. Bride carrée de fixation au moteur.
13. Levier de gaz du carburateur.
14. Levier du starter.

mixte à la marche au gaz ou inversement sans qu'il en résulte une complication dans la conduite du véhicule.

Ce but ne peut être atteint que dans la mesure où l'on peut à volonté isoler le carburateur par la manœuvre d'une commande simple et rapide analogue à celles que l'on utilise pour l'allumage ou l'extinction des phares.

Lorsque le carburateur est mis en circuit, il est préférable que l'enrichissement soit automatique et joue quel que soit le régime du moteur.

Un conducteur consciencieux doit obtenir un rendement optimum de son moteur avec une consommation d'essence (poids lourds ou supercarburant) ne dépassant pas, démarrage compris, 2 à 3 litres aux 100 kilomètres.

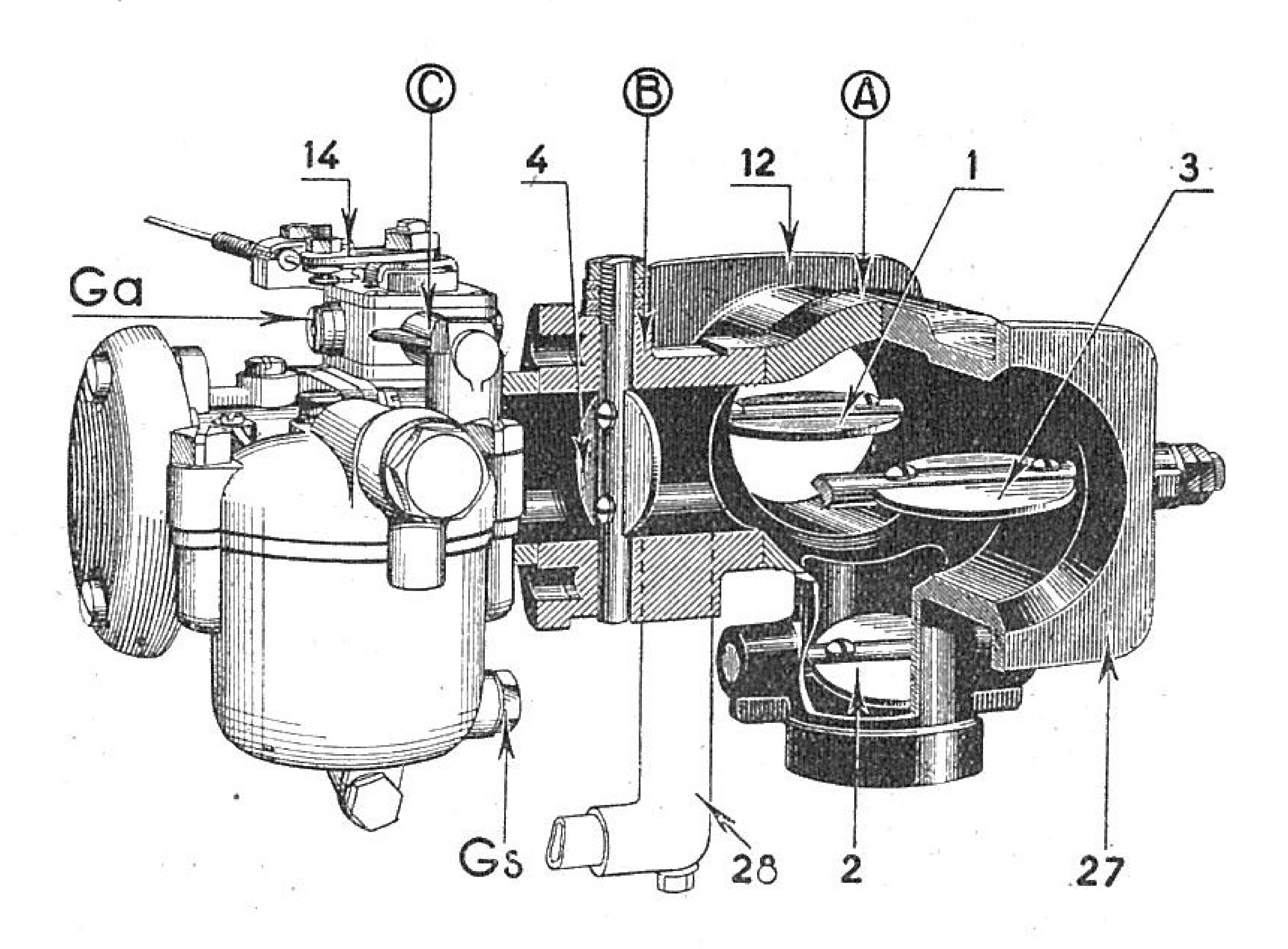


FIG. 36. — Coupe schématique du Mélangeur Solex, orienté horizontalement.

A) Mélangeur. — B) Corps interrupteur. — C) Carburateur horizontal.

1. Papillon (1) (accélérateur gaz).
2. Papillon (2) (réglage d'air).
3. Papillon (3) (ouvert : marche au gaz).
4. Papillon (4) (ouvert : marche à l'essence).
12. Bride carrée de fixation au moteur.
14. Levier de starter.
27. Bride carrée de raccordement au gazogène.
Ga. Gicleur d'air de starter.
Gs. Gicleur d'essence de starter.
28. Raccord orientable pour tuyauterie auxiliaire.

La figure 34 donne à titre d'exemple le schéma d'un dispositif réalisé par les Etablissements Laurent ; les figures 35 et 36 représentent le Carburateur-Mélangeur Solex pour gazogènes.

Le carburateur-mélangeur Solex (fig. 35 et 36) comporte trois parties principales :

Le corps principal (A) formant mélangeur ;

Le corps interrupteur (B) avec raccord pour tuyauterie auxiliaire (sur demande) ;

Le carburateur de départ (C).

Lorsque les trois parties sont assemblées, le système comprend quatre papillons, plus le papillon du carburateur.

Le papillon 1 et celui du carburateur sont reliés par une tringlerie et fonctionnent ensemble, commandés par la pédale

de l'accélérateur. La papillon 2 de réglage d'air est commandé par une tirette, mais il est également relié au papillon « 1 » par une commande mi-positive dont on étudie plus loin le fonctionnement.

Les deux autres papillons, 3 sur la tubulure du gazogène et 4 sur la tuyauterie air-essence, sont également accouplés, avec cette différence que les sens d'ouverture sont inverses, c'est-à-dire que lorsque l'un des papillons s'ouvre, l'autre se ferme.

Le rôle et le fonctionnement des différents papillons sont les suivants :

Le papillon 1, qui se trouve le plus près du moteur, permet de faire varier l'alimentation, qu'elle soit au gaz, à l'essence, ou mixte gaz-essence. Ce papillon est commandé directement par la tringlerie de la pédale d'accélérateur.

Le papillon 2 permet de doser l'air nécessaire au gaz pour la combustion. Ce dosage ne peut être absolument automatique pour différentes raisons et c'est pourquoi l'ouverture maximum du papillon 2 se règle à l'aide d'une commande à main. D'autre part, lorsque le moteur tourne au ralenti, cette entrée d'air doit être réduite très sensiblement. Cette fermeture minimum fait partie du réglage du ralenti.

La commande mi-positive établie pour le papillon 2 est une liaison avec le papillon 1 qui lui permet de s'ouvrir et de se fermer automatiquement (et en synchronisation avec le papillon 1) entre les deux positions extrêmes indiquées ci-dessus. celle du ralenti et celle de l'ouverture maximum variable au gré du conducteur.

La commande est dite mi-positive parce que, au delà de ces deux positions extrêmes, l'entraînement par le papillon 1 est sans effet. La commande à main permet également de fermer complètement le papillon d'air pour le départ à l'essence.

Les papillons 3 et 4 sont commandés par une tirette à la disposition du conducteur. En la tirant à fond, le papillon 3 se ferme complètement, supprimant la communication avec le gazogène et le papillon 4 s'ouvre, établissant la communication avec le carburateur. Dans cette position, le moteur sera alimenté uniquement par le carburateur. En repoussant progressivement cette tirette, le gazogène s'amorce et l'alimentation par le carburateur diminue. A fond, l'alimentation à l'essence est supprimée.

Pour la marche mixte essence-gaz, il suffit de tirer légèrement la tirette. Comme les leviers commandant les papillons 3 et 4 sont de longueurs différentes, à une fermeture insensible du papillon 3 correspond une ouverture suffisante du papillon 4,

permettant une arrivée d'air-essence additionnelle suffisante pour renforcer la puissance développée par le moteur.

Le papillon du carburateur est accouplé directement à la tringlerie de la pédale d'accélérateur par l'intermédiaire du levier qui commande également le papillon 1.

On remarque que le carburateur prévu est un appareil strictement de série. Il sera généralement muni d'un réglage réduit permettant la mise en marche du moteur et la mise en action du gazogène, ainsi que, éventuellement, la marche sur l'essence à puissance sensiblement inférieure à celle développée dans le cas de la marche au gaz.

121. L'APPAREIL D'ALLUMAGE. — S'il s'agit d'un moteur adapté, il n'est pas absolument indispensable de changer l'appareil d'allumage, magnéto ou bobine, et il peut suffire de changer les bougies, que l'on choisira d'un type spécial avec partie extérieure d'isolant d'environ 3 centimètres. L'écartement des pointes de bougies est alors réglé entre 3 et 5 dixièmes de millimètre (Voir § 76-5° et 103-V).

Avec un moteur à gaz neuf, il est préférable d'employer une magnéto ou une bobine donnant une tension de 15.000 à 18.000 volts et cela est logique aussi avec un moteur adapté. En effet, les magnétos et bobines utilisées pour les moteurs à essence donnent une tension d'environ 11.000 volts et cette tension permet de régler les pointes à 5 ou 6 dixièmes pour un taux de compression de 6.

Si l'appareil d'allumage n'est pas changé, pour éviter que l'étincelle ne jaillisse entre l'extrémité du fil de bougie et la masse (car la compression d'un gaz augmente sa résistance électrique), il faut réduire l'écartement des pointes : celles-ci risquent de chauffer et de provoquer des explosions à contretemps ; de plus, leur usure est rapide. Avec un système d'allumage donnant 15.000 à 18.000 volts, l'écartement habituel de 5 à 6 dixièmes peut être conservé, mais, pour éviter que l'étincelle ne jaillisse à l'extérieur, l'isolant externe doit avoir au moins 3 centimètres de longueur.

122. GRAISSAGE. — L'emploi du gaz des forêts est sans influence sensible sur le graissage ; on peut donc employer les mêmes qualités d'huile qu'avec un moteur à essence. On constate souvent que les vidanges d'huile du moteur peuvent être plus espacées, car le gaz ne dilue pas l'huile comme le fait l'essence.

En vue de lubrifier les hauts de cylindre, il peut être intéressant de faire barboter le gaz dans un bain d'huile (procédé Carbogaz). Le procédé « Interlub » donne également de bons résultats.

123. MODIFICATIONS A APPORTER AU VÉHICULE DANS LE CAS D'UN MOTEUR ADAPTÉ. — Nous laisserons le côté le cas d'un véhicule neuf à gazogène, pour lequel le constructeur a fait les études nécessaires, et nous considérerons seulement les modifications à faire subir à un véhicule marchant habituellement à l'essence.

Avant d'enlever le moteur, il est bon de placer successivement les roues sur la plate-forme d'un pont-bascule, afin de mesurer les charges supportées par chacune d'elles ; on peut également noter les flèches des ressorts.

Lors du montage des appareils, on s'efforcera d'obtenir une répartition des poids telle qu'en procédant à une seconde pesée on puisse vérifier que les nouvelles charges supportées par les essieux restent proportionnelles aux anciennes. En principe, les roues d'un même essieu doivent être également chargées ; on évite ainsi un déplacement du centre de gravité nuisible à la bonne tenue de route du véhicule. Suivant l'importance de l'accroissement des poids ou des flèches constaté, on pourra être amené à renforcer les ressorts et à changer les pneus.

L'emplacement du gazogène et des appareils auxiliaires dépend de la disposition du châssis, de la nature du véhicule et du service auquel il est affecté.

Voici quelques exemples d'adaptation :

a) *Voitures de tourisme.* — Les deux appareils, gazogène et épurateur, sont placés de part et d'autre du capot dans une échancrure des ailes avant, ou disposés côte à côte dans la malle arrière. Dans ce dernier cas, un intervalle suffisant sera ménagé entre eux, afin de réduire au minimum les échanges thermiques et le réchauffage du gaz. Le refroidisseur, constitué par un caisson à ailettes ou un long tube de gros diamètre, trouve sa place entre les longerons du châssis. Il faut veiller à ce qu'il ne gêne pas l'arbre de transmission et le pont arrière dans leurs déplacements verticaux. Les appareils peuvent aussi être montés sur une remorque à une ou deux roues : cette solution semble jouir d'une certaine faveur actuellement.

b) *Camions.* — Le plus souvent, le gazogène et l'épurateur sont constitués par deux capacités cylindriques que l'on dispose symétriquement de part et d'autre et un peu en arrière de la cabine du conducteur.

c) *Autobus.* — La disposition adoptée pour les camions gênerait le mouvement des voyageurs ; les deux appareils, générateur et épurateur, sont reportés à l'arrière du véhicule ou bien placés tous les deux dans un caisson extérieur façonné en forme de coffre à bagages.

Quelle que soit la disposition adoptée, les régions très chaudes de l'installation seront séparées de la carrosserie par un carton d'amiante de 3 à 5 mm. d'épaisseur. Lorsque l'on juge utile de masquer l'installation par une tôle, des évents devront permettre une circulation d'air autour des appareils.

Des dégagements seront prévus pour faciliter les visites, les nettoyages, les manœuvres ; des protections seront établies contre les projections d'eau et de boue.

D'autre part, nous avons vu que la substitution de l'alimentation au gaz à l'alimentation à l'essence a comme conséquence une perte de puissance que les moyens indiqués plus haut ne permettent pas toujours de faire disparaître entièrement. Cependant, il est possible d'améliorer l'exploitation du véhicule en augmentant la démultiplication du couple conique, c'est-à-dire en diminuant le rayon du pignon d'attaque et en augmentant le rayon de la couronne du différentiel. Or, augmenter ce dernier rayon revient à réduire l'effort résistant opposé par la dent de la couronne à la dent en prise du pignon d'attaque et, par conséquent, l'effort moteur à fournir sur cette dernière dent. On pourra donc faire tourner le moteur plus vite : la cylindrée-minute augmentera et il en sera de même de la puissance (Voir § 116-*c*).

Considérons, par exemple, deux véhicules pourvus, l'un d'un moteur à essence tournant à 2.500 tours, l'autre du même moteur, mais corrigé pour marcher au gaz, et donnant à 2.500 tours une puissance inférieure de 10 % à celle du premier. L'effort moteur exercé par le second sur la dent de la couronne du différentiel sera plus faible que l'effort exercé par le moteur à essence et cela entraînera une différence sensible dans les performances réalisées. Par exemple, le moteur adapté présentera moins d'aptitude que le moteur d'origine pour monter les côtes et en palier sa vitesse ne sera équivalente à la vitesse de l'autre que si le poids à transporter est moins important.

Supposons que, en augmentant la démultiplication du véhicule à gazogène, nous puissions pousser son moteur à 2.800 tours par exemple : nous obtiendrons en palier une vitesse équivalente à celle que le véhicule pouvait obtenir antérieurement ; en outre, le moteur sera plus nerveux, ses reprises

seront plus franches, la puissance ayant augmenté en même temps que la vitesse de rotation du vilebrequin. Les performances du véhicule se rapprocheront de celles du véhicule à essence.

On ne saurait évidemment exagérer cet accroissement de la démultiplication, car, lorsque le régime du moteur dépasse une certaine valeur, la puissance baisse par suite de l'importance que prennent les frottements, les pertes de charge dans les tuyauteries, les laminages ; en outre, le refroidissement devient moins bon ; le rendement net du moteur décroît et la consommation augmente. Il faut en outre que les dimensions intérieures du carter du pont arrière permettent l'emploi de nouveaux engrenages.

Nous donnons ci-après un exemple d'adaptation dont les éléments ont été relevés sur un véhicule utilisé pour un service de transports en commun, par la Compagnie l'Ouest Electrique.

124. AVANT-PROJET D'ADAPTATION D'UN GAZOGÈNE SUR UN VÉHICULE A ESSENCE. — Il s'agit d'un véhicule Citroën type 45.

Le groupe moteur comporte 6 cylindres, D=94 et C=110, de 4 l. 58 de cylindrée dont le taux de compression est 5 pour la marche à l'essence (une culasse spéciale permet de porter ce taux à 6,2 pour la marche à l'essence poids lourd). Le régime normal est 2.800 tours-minute.

Le pont arrière est à double démultiplication constituée par un couple conique 10-29 dents et un couple cylindrique 12-29 dents, donnant une démultiplication totale de $\frac{29 \times 29}{10 \times 12} = 7.$

La culasse donnant 6,2 comme taux de compression est adoptée avant toute autre transformation.

Par remplacement des chemises, l'alésage a été porté de 94 à 100, soit $d = 6$ mm. La cylindrée totale par cycle a donc été multipliée par (Voir § 117) :

$$1 + \frac{2 \times 6}{94} = 1{,}128,$$

soit une augmentation de 12,8 %. Elle est devenue :

$$4{,}58 \times 1{,}128 = 5 \text{ l. } 16.$$

Par le réalésage, le taux de compression a augmenté de (Voir § 119) :

$$\frac{2\,d}{\text{D}} \times (t—1) = \frac{2 \times 6}{94} = 5{,}2 = 0{,}65 \;;$$

il est devenu $6{,}2 + 0{,}65 = 6{,}85$.

Il a été jugé possible de porter ce taux à 7,9, en remplaçant les pistons par d'autres, tels que la distance du fond à l'axe d'articulation au pied de bielle était augmentée de :

$$x = C \times \frac{T-t}{(T-1)(t-1)} = 110 \times \frac{7{,}9-6{,}85}{6{,}9 \times 5{,}85} = 2{,}8 \text{ mm.}$$

Cette dimension a été légèrement diminuée, les fonds des pistons étant bombés. Les nouveaux pistons, en aluminium, ne pesaient que 950 grammes, alors que les précédents pesaient 1.000 grammes.

Le remplissage a été amélioré par une augmentation de section de la tubulure d'admission, qui a été éloignée le plus possible de la tubulure d'échappement. Nous admettons que le coefficient de remplissage est 0,9 pour la marche normale.

Supposons maintenant que le moteur tourne encore à raison de 2.800 tours-minute. Le volume aspiré en une heure est :

$$5{,}16 \times \frac{2.800}{2} \times 60 \times 0{,}9 = 390 \text{ m}^3 \text{ de mélange,}$$

contenant (Voir note du § 114) :

$$\frac{390}{2{,}1} = 185 \text{ m}^3 \text{ de gaz.}$$

1 kilo de charbon de bois donnant de 4,5 à 5 m^3 de gaz, la consommation horaire peut donc être évaluée à :

$$177 = 39 \text{ kilos par heure.}$$

Le poids spécifique du charbon de bois peut être pris égal à 0,280 kilogramme-litre ; le volume de combustible correspondant à une heure de marche est donc :

$$\frac{39}{0{,}28} = 139 \text{ litres.}$$

Or, une trémie cylindrique de 50 centimètres de diamètre et 1 mètre de haut a un volume de :

$$\frac{3{,}14 \times 5 \times 5}{4} \times 10 = 196 \text{ litres.}$$

Si l'on veut assurer une marche de deux heures sans rechargement, la trémie devra pouvoir recevoir au moins $139 \times 2 = 278$ litres de charbon et sa hauteur utile sera :

$$\frac{139 \times 2}{196} = 1 \text{ m. } 40,$$

soit une hauteur totale de 1 m. 70 à 1 m. 80, compte tenu de

la hauteur du foyer et des organes de manœuvre de la porte de chargement.

En ce qui concerne la démultiplication, seul le couple conique 10-29 a été remplacé par un couple 9-29 et la démultiplication est passée de 7 à :

$$\frac{29 \times 29}{9 \times 12} = 7{,}8.$$

Il faut noter que l'on ne peut, sans une dépense prohibitive, modifier beaucoup la démultiplication : on est limité, en effet, par l'emplacement disponible dans le carter du différentiel et par la nécessité de conserver aux dents une épaisseur suffisante. Le garagiste qui entreprend l'installation des gazogènes sur des véhicules doit s'adresser à son fournisseur habituel pour obtenir un couple voisin de celui qu'il veut remplacer.

Avec la nouvelle démultiplication, quand le moteur tourne à 2.800 tours-minute, la roue fait, en prise directe, $\frac{2.800}{7{,}8} = 360$ tours. Si la roue a un diamètre moyen de 1 mètre, la vitesse de la voiture est $3{,}14 \times 1 \times 360 = 1.130$ mètres-minute ou $1{,}13 \times 60 = 67$ kilomètres-heure.

Le rayon d'action est donc 135 kilomètres et la consommation aux 100 kilomètres est :

$$\frac{39 \times 100}{67} = 58 \text{ kilos.}$$

Il faut remarquer que les dimensions et les performances indiquées ci-dessus sont *évaluées*. On constatera inévitablement des différences dans les chiffres de consommation, de vitesse et de rayon d'action, car nos calculs sont faits en supposant que la voiture ne cesse de rouler à 67 kilomètres-heure, en palier, en atmosphère calme, toutes conditions idéales impossibles à réaliser.

CHAPITRE VII

L'emploi du gazogène est sans danger

---

125. IL N'Y A AUCUN DANGER POUR LES PASSAGERS. — L'oxyde de carbone produit par le générateur est un poison violent ; il suffit que l'atmosphère en contienne 13/10.000 pour qu'il puisse provoquer des accidents.

Son emploi ne présente cependant aucun danger pour les conducteurs ou pour les passagers. La Commission d'Expérimentation du Matériel Automobile de l'Armée a fait, à ce sujet, des expériences dont les résultats ont été communiqués par le Ministère de la Guerre; en aucun cas, la teneur en oxyde de carbone n'a dépassé 18/100.000 à l'intérieur de la carrosserie et 10/100.000 dans la cabine du conducteur, soit une proportion dix fois plus faible que celle qui commence à être dangereuse.

Cette proportion insignifiante de gaz nocifs vient de ce qu'en cours de fonctionnement la pression dans les appareils et les canalisations est toujours inférieure à la pression atmosphérique, de sorte que tout défaut éventuel d'étanchéité a pour conséquence une entrée d'air et non une sortie de gaz toxique.

126. QUELQUES PRÉCAUTIONS A PRENDRE. — Pour éviter toute déconvenue, certaines précautions indispensables doivent être prises.

Le gazogène doit être, en principe, éteint le soir ; si néanmoins on se trouve dans l'obligation de laisser le foyer allumé en veilleuse pendant la nuit, il est recommandé de ne pas séjourner à proximité des appareils sans avoir préalablement assuré une aération suffisante du garage. Dans les mêmes conditions de mise en veilleuse, le conducteur évitera de dormir dans la cabine ou dans la caisse du véhicule.

On ne doit pas perdre de vue qu'en cours d'allumage les gaz qui sortent de l'aspirateur contiennent une forte proportion d'oxyde de carbone ; il faudra donc veiller à ne pas mettre en marche un tel appareil dans une remise trop exiguë et close. On recommande de présenter une flamme au refoulement de l'aspirateur pour brûler les gaz formés. La bonne combustion de ces gaz indique, au surplus, que le gazogène est prêt à fonctionner.

Enfin, au cours des rechargements, le foyer étant en activité, il se produit fréquemment une explosion spontanée un instant après que l'on a ouvert le couvercle supérieur de la trémie.

Pour procéder au remplissage, le mécanicien attendra donc que cette explosion ait eu lieu ou, mieux encore, la provoquera en approchant une flamme de l'ouverture. Il agira de même lorsqu'il voudra rompre une voûte du combustible ou contrôler le contenu de l'appareil. Il pourra également dans ce cas laisser le moteur tourner au ralenti.

L'observation de ces précautions très simples met à l'abri de quelques inconvénients que peut présenter le gazogène, dont les avantages restent incontestables.

On remarquera notamment que l'emploi des carburants forestiers élimine le risque d'incendie grave qui complique souvent l'accident banal survenant à un véhicule alimenté à l'essence.

Cette sécurité supplémentaire s'ajoute aux qualités d'économie, de simplicité et d'indépendance que l'on peut attendre de ce précieux auxiliaire des transports : le Gaz des Forêts.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I

Introduction à l'étude des gazogènes et des moteurs au Gaz des Forêts.

PAGES

A. — *NOTIONS DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE* . . 11

1. L'air, l'oxygène, l'azote. — 2. Mélanges et combinaisons. — 3. Oxydation, combustion. — 4. Calorie. — 5. Température et quantité de chaleur. — 6. Pression atmosphérique. Vide ou dépression. Mesure de la dépression dans un gazogène. — 7. Pouvoir calorifique. — 8. Produits de la combustion. — 9. L'eau. — 10. Dissociation de la vapeur d'eau. — 11. Gazogène. — 12. Le Gaz des Forêts. — 13. Compression d'un gaz. — 14. Echauffement d'un gaz. Avance à l'allumage. — 15. Détente d'un gaz.

B. — *PRINCIPES DE MECANIQUE*...... 26

16. Force. — 17. Travail. — 18. Puissance. — 19. Rendement organique de la transmission. — 20. Equivalent mécanique de la calorie. — 21. Cheval-heure. Equivalent calorifique du cheval-heure. — 22. Rendement thermique d'un moteur. Consommation.

CHAPITRE II

Les carburants forestiers.

23. La Forêt française 31

A. — *LE BOIS* 32

24. Essences. — 25. Bois vert, bois sec, séchage. — 26. Usages commerciaux. — 27. Débit et stockage. 28. Propriétés du bois et du gaz de bois (densité du bois, pouvoirs calorifiques, consommation). — 29. Cendres, écorçage.

PAGES

B. — *LE CHARBON DE BOIS* 39

30. Procédé des meules forestières. — 31. Procédé des fours métalliques démontables. — 32. Distillation du bois. — 33. Préparation et stockage du charbon de bois. — 34. Normes commerciales du charbon de bois. — 35. Quelques propriétés du charbon de bois et du gaz de charbon de bois. — 36. Comparaison du bois et du charbon de bois.

C. — *CHARBON ROUX. — AGGLOMERES* 47

37. Charbon roux ou bois torréfié. — 38. Agglomérés.

D. — *COMBUSTIBLES D'ORIGINE MINERALE AUTRES CARBURANTS DE REMPLACEMENT*.. 48

CHAPITRE III

Généralités sur les gazogènes.

40. Eléments de l'installation 51

A. — *LE GENERATEUR*........... 51

41. Le générateur. — 42. Tirage direct. — 43. Tirage inversé. — 44. Gazogène à air pulsé, tirage par aspiration. — 45. Accès de l'air au foyer : entrée annulaire et périphérique, évents, entrée par tuyère. — 46. Réchauffage de l'air primaire. — 47. Garniture réfractaire. — 48. Injection d'eau.

B. — *LE REFROIDISSEUR*.......... 57

49. Nécessité de refroidir le gaz.

C. — *LES EPURATEURS*........... 59

50. Nécessité de l'épuration. — 51. Epuration du gaz de bois. — 52. Epuration du gaz de charbon de bois.

D. — *LE MELANGEUR*............ 61

53. Le rôle du mélangeur. — 54. Eléments du mélangeur. — 55. Le réglage de la puissance. — 56. Carburateur auxiliaire.

E. — *L'ASPIRATEUR D'ALLUMAGE*...... 64

57. Son rôle. — 58. Départ du gaz. — 59. Départ de l'essence.

F. — *INCIDENTS*.............. 65

60. Les causes. — 61. Les joints. — 62. Explosions dans les gazogènes.

CHAPITRE IV

Etude de quelques gazogènes.

PAGES

I. — *GAZOGENE A BOIS*............ 69

(Type BERLIET. Licence IMBERT DE DIETRICH.)

63. Description. — 64. Fonctionnement. — 65. Refroidisseur. — 66. Epurateur. — 67. Mélangeur ou prise d'air. — 68. Allumage et départ au gaz. — 69. Allumage et départ à l'essence. — 70. Conduite du moteur. — 71. Mise en veilleuse. — 72. Conduite du véhicule. — 73. Mélangeur Renault avec bypass. — 74. Rechargements. 75. Entratien. — 76. Incidents.

II. — *GAZOGENE A CHARBON DE BOIS A ADMISSION D'AIR ANNULAIRE OU PERIPHERIQUE*............. 79

(Type PANHARD et LEVASSOR.)

77. Description. — 78. Fonctionnement. — 79. Le refroidisseur. — 80. L'épurateur. — 81. Le mélangeur. — 82. Les commandes. — 83. Allumage du gazogène. — 84. Départ au gaz. — 85. Départ mixte. — 86. Allumage du gazogène et départ à l'essence. — 87. Sur la route. — 88. Mise en veilleuse. — 89. Chargement. — 90. Entretien. — 91. Changer un élément de filtre. — 92. Changer un joint de refroidisseur. — 93. Quelques incidents.

III. — *GAZOGENE A CHARBON DE BOIS A ADMISSION D'AIR PAR TUYERES*..... 92

A. — *Tuyères à refroidissement par circulation d'eau* 92

(Type GOHIN-POULENC.)

94. Description. — 95. Chargement. — 96. Le refroidisseur. — 97. Le filtre à éléments tubulaires. — 98. Les organes d'admission. — 99. Allumage et départ au gaz. — 100. Allumage et départ à l'essence. — 101. Tuyère de ralenti. — 102. Entretien. — 103. Incidents.

B. — *Tuyères à refroidissement par air*........ 106

(Type GAZAUTO.)

CHAPITRE V

Essais des gazogènes............ 110

CHAPITRE VI

Le moteur au Gaz des Forêts.

PAGES

ADAPTATION DU MOTEUR A ESSENCE ADAPTATION DU VEHICULE......... 113

104. Le cycle. — 105. Quelques définitions. — 106. Taux de compression. — 107. Moteur parfait. — 108. Rendement thermique théorique. — 109. Retard dans la combustion. Avance à l'allumage. — 110. Laminages. — 111. Influence des parois. Fuites. Rendement du cylindre. — 112. Puissance absorbée par les frottements et les organes accessoires. Rendement organique. — 113. Rendement net. — 114. Consommation. — 115. Moteur alimenté au Gaz des Forêts. — 116. Adaptation à la marche au gaz d'un moteur alimenté habituellement à l'essence. — 117. Augmentation de la cylindrée. — 118. Amélioration du remplissage. — 119. Relèvement du taux de compression. — 120. Enrichissement du gaz. — 121. L'appareil d'allumage. — 122. Graissage. — 123. Modifications à apporter au véhicule, dans le cas d'un moteur adapté. — 124. Avant-projet d'adaptation d'un gazogène sur un véhicule à essence.

CHAPITRE VII

L'emploi du gazogène est sans danger ... 139

125. Il n'y a aucun danger pour le passager. — 126. Quelques précautions à prendre.

Imprimeries MONT-LOUIS, CLERMONT-FERRAND-PARIS.

Prix: **25 Fr.** Imp. MONT-LOUIS, CLERMONT-FD-PARIS. M. H. 1940-2